



No.C2017011

2017-09-14

产业链接对产业政策效果的影响——基于投入产出表的量化研究

韩璇 杨光 李昕 赵波

内容提要:

在经济生产中，各部门通过使用来自其他部门的中间品而形成产业之间的投入-产出链接。经由这种产业链接，单个部门受到的冲击会传播到其他部门，进而放大至整个经济体。本文利用投入-产出表度量中国不同部门间产业链接的强度，在此基础上建立建筑业-制造业两部门模型，引入政府对建筑服务的补贴来代表政府刺激政策对建筑业的冲击，进而分析产业链接在单部门冲击向其他部门扩散过程中的作用。通过模型求解和数值模拟，结果显示：产业链接会增强政府产业政策的刺激效果，同时缓解由于政府干预带来的社会福利下降，并使政府支出乘数由0.4上升至0.6。

关键词：产业链接 投入产出表 产业政策 宏观经济

产业链对产业政策效果的影响——基于投入产出表的量化研究¹

韩璇 杨光 李昕 赵波

内容提要：在经济生产中，各部门通过使用来自其他部门的中间品而形成产业之间的投入-产出链接。经由这种产业链接，单个部门受到的冲击会传播到其他部门，进而放大至整个经济体。本文利用投入-产出表度量中国不同部门间产业链接的强度，在此基础上建立建筑业-制造业两部门模型，引入政府对建筑服务的补贴来代表政府刺激政策对建筑业的冲击，进而分析产业链接在单部门冲击向其他部门扩散过程中的作用。通过模型求解和数值模拟，结果显示：产业链接会增强政府产业政策的刺激效果，同时缓解由于政府干预带来的社会福利下降，并使政府支出乘数由 0.4 上升至 0.6。

关键词：产业链接 投入产出表 产业政策 宏观经济

一、引言

在经济生产中，各个生产单位经由中间品使用而建立起产业链接，这是理解该国宏观经济运行必不可少的一环。2008 年，美国房地产泡沫破裂直接导致房价下跌和房地产业投资下降，波及美国的金融业及其他部门，进而触发全球金融危机。尽管危机始于房地产市场，但由于经济中各个部门是相互联系的有机整体，一个部门受到的需求或技术冲击会经由投入-产出链接扩散到其他部门，进而带动并影响宏观经济的整体表现 (Acemoglu et al. , 2015)。

在这一危机爆发的过程中，房地产和建筑业对经济体其余部门的带动和影响十分关键 (Boldrin et al. , 2013)，这一带动效应在中国同样存在。尤其自 2008 年之后，中国政府“四万亿”投资主要以投入基础设施建设的形式流向建筑业²，这对分析并估算建筑业对整体经济的影响有重大意义。本文将以制造业和建筑业为基础建立两部门模型，考察建筑业受到的产业政策冲击对整个宏观经济的影响。

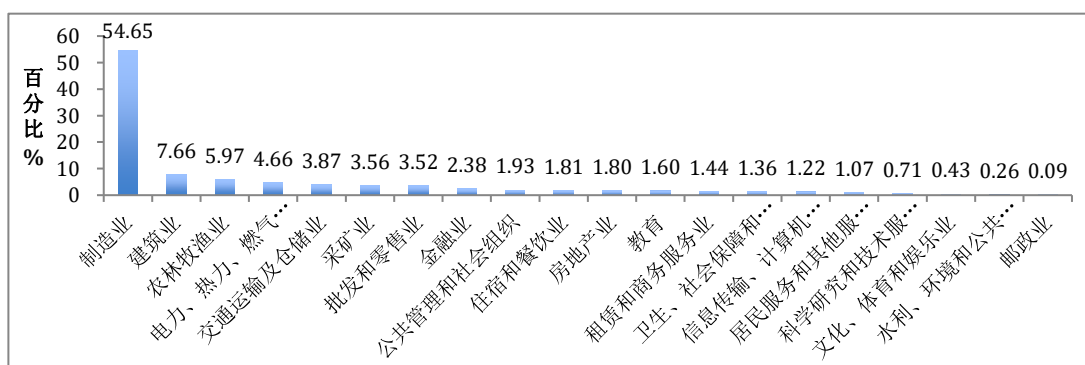
¹ 项目得到国家自然科学基金青年项目资助，批准号：71603011。韩璇，北京大学国家发展研究院。杨光，南开大学经济学院。李昕，北京师范大学国民核算研究院。赵波（通讯作者），北京大学国家发展研究院 625，邮政编码 100871，电子信箱 zhaobo@nsd.pku.edu.cn

² 2008 年金融危机后中国政府为扩大内需推出十大措施，到 2010 年底需投资四万亿元。根据发展改革委网站此四万亿元中约 2.5 亿去往基础设施和灾后恢复的建设，另有部分去往农村民生工程或者保障性住房的建设，都与建筑业密切相关。

选取制造业主要是因为制造业单部门增加值相对总产出占比³55%，在国民经济行业分类的 20 个行业中⁴排在首位。至于建筑业，其体量在国民经济行业分类的 20 个行业中仅次于制造业，单部门增加值占比 7%（其他部门可参见图 1.1）。此外，建筑业对宏观经济影响不容忽视。

首先，通过中间品的投入产出，建筑业同其他部门建立起紧密的产业链接。建筑业在生产过程中对来自其他部门中间品的需求超过 98%，对本部门中间品需求只占不到 2%（图 1.2）；尤其对制造业中间品的使用份额占总投入比例高达 58%（图 1.3）。建筑业对其他部门尤其是制造业部门中间品的大份额使用意味着建筑业生产同其他部门的联系十分紧密，如果建筑业受到需求冲击（比如来自政府刺激或居民住房需求变化），此冲击会经由中间品需求增长的方式传播到上游其他供给部门，带来“上游效应”（Acemoglu et al. , 2015），即需求冲击下中间品供给部门的生产扩张。并且，一旦建筑业生产扩张带动上游制造业的生产，由于制造业的生产中对本部门中间品的使用占比高达 69%（图 1.2），制造业本部门的生产扩张会进一步自我加强，进而放大建筑业扩张给经济带来的影响。

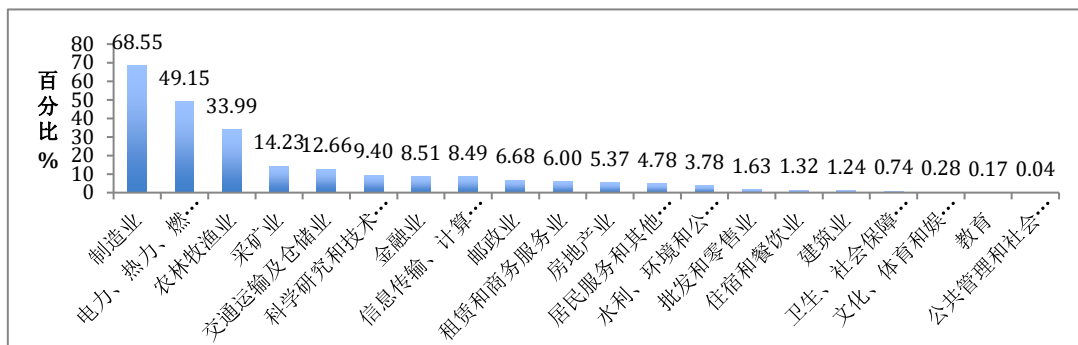
图 1 各部门增加值占比、本部门中间品投入占比及制造业中间品占比



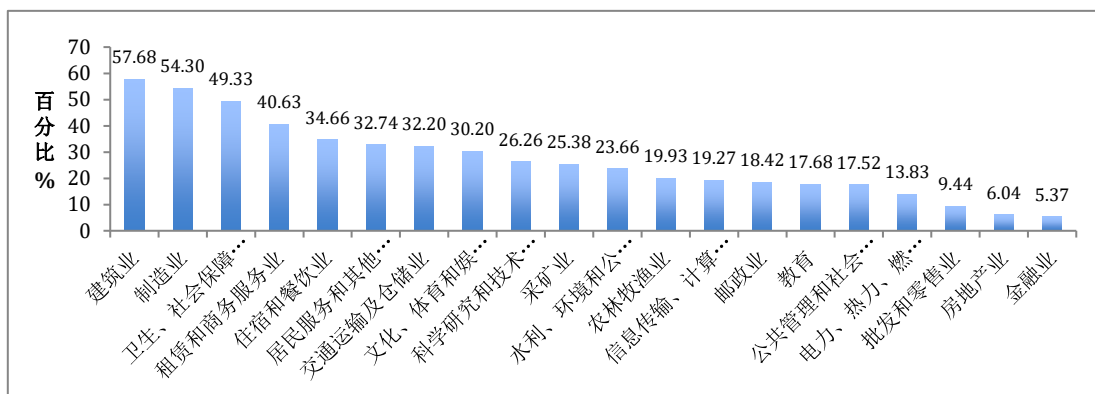
1.1 各部门增加值相对总产出占比 (=部门增加值/总产出)

³分部门的产出数据在投入-产出表中体现的最为全面，因而此处数据采用最近的 2012 年的投入产出表。且为了同国民经济行业分类的 20 个行业保持一致，本文依据国民经济行业分类对原始投入产出表做了合并处理。

⁴数据源自国家统计局，此处行业划分依据国民经济行业分类 GB/T4754-2011。



1.2 中间品投入中来自本部门的占比 (=所用的本部门中间品/该部门总中间品投入)

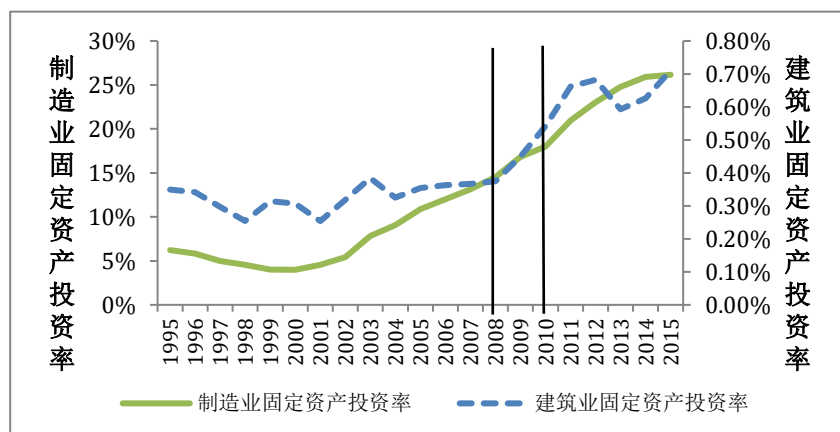


1.3 来自制造业中间品相对总投入占比 (=所用制造业中间品/该部门总投入)

数据来源:国家统计局。投入-产出表年份为 2012 年。为了能够与国民经济分类一致,对投入产出表的行业划分进行了合并。

其次,建筑业受到的需求冲击更频繁。作为政府保增长的一种手段,产业政策经常以建筑业为实施对象。2008-2010 年,建筑业投资率明显在政府“四万亿”刺激政策实行后开始上升,又在刺激政策结束后开始下降。图 2 显示了建筑业和制造业固定资产投资率之间的对比。其中 2008 年-2010 年对应期间建筑业投资率显著上升,对比之下,制造业投资率虽也有增长,但是变化幅度与其他年份相较差异不大。这基本反映出:政府 2008 年底加大对建筑相关的基础设施领域的投资,而刺激政策结束后投资回落。

图2 制造业建筑业固定资产投资对比



数据来源：国家统计局。其中两部门固定资产投资率等于两部门各自固定资产投资总额与该年度 GDP 之比

建筑业与其他部门紧密的产业链连接加之其频繁的投资波动，使得它成为宏观经济中重要的一环，也成为研究政策冲击在经济体中传播、扩大的最佳切入点。

鉴于以上事实，本文提取制造业和建筑业建立两部门模型，通过一般均衡模型的分析方法，研究产业政策在宏观经济中的传播，以及投入-产出链接在冲击传播过程中的作用。这一区分也与国外主流文献一致 (Boldrin et al. , 2013, Hornstein and Praschnik, 1997, Morris and Heathcote, 2005)。

早期文献中已存在关于单个部门冲击通过产业链影响整体经济的研究，比如 Hornstein and Praschnik (1997) 通过引入中间品，建立耐用品和非耐用品的两部门模型，解释战后美国不同产业部门就业和产出的联动现象。众多公司或部门之间交错的生产网络既有助于理解宏观经济，又为宏观经济的增长和波动提供了企业或部门层面的微观基础。Giroud and Mueller (2017) 研究并证实了企业内部生产网络对冲击的缓冲作用，Atalay (2011), Oberfield (2012) 和 Carvalho (2014) 分别从企业自主决策、外生生产技术和搜寻供给方等角度入手模拟生产网络的形成和演化过程。这种微观层面的生产链接乃至生产网络的形成会带来创新的传播 (Alvarez et al. , 2014)、微观扭曲的扩张 (Jones, 2011a&b) 以及经济冲击的传播和扩散 (Acemoglu et al., 2015, Carvalho et al., 2014 和 Grazzini and Spelta, 2015) 等宏观层面的影响。此外还有 Kireyev and Leonidov (2015) 等研究关注于国家和地区之间生产、贸易网络对冲击传播的影响。与本文更为贴近的是试图从经济体中代表性的提炼出两部门或多部门模型的产业链连接文献，这一支文献更多的关注经济体中特定部门之间的投入-产出联系如何影响宏观经济表现。Long and Plosser (1983) 文中就通过多部门之间中间品的使用来试图解释实际经济周期。在 Hornstein and Praschnik (1997)

引入中间品的两部门模型基础上，Morris and Heathcote (2005) 通过建立多部门模型模拟美国住宅投资的变化，对各产业间的正向相关以及建筑业显著的波动做出了解释。此后 Boldrin et al. (2013) 则用类似模型，试图通过校准美国家户对房产需求的变化，评估建筑业在美国最近 2008 年来大萧条中扮演的角色。新近基于美国数据的实证分析 (Acemoglu et al, 2015 和 Ozdagli and Weber, 2017) 得到了部门间产业链接存在且能传播并放大冲击的显著证据，量化评估了政府扩大支出等需求侧冲击和技术进步等供给侧冲击对宏观经济带动效应的大小。Acemoglu et al. (2017) 还特别强调分析了投入-产出链接在各部门产出联动中的重要角色。

虽然国外有关产业链接的研究已十分丰富，但中国的相关研究还不充分而且大多集中于实证研究。王国军和刘水杏 (2004) 从实证角度集中讨论了房地产业在经济体中的带动作用；另有潘文卿等 (2015) 的研究落脚在不同国家、省份的产业关联上，并分析了它们在产业链中的影响和地位；刘升龙 (2010) 利用 1988-2007 年的面板数据估计了网络性基础设计对中国经济增长的溢出效应；余典范 (2011) 在此基础上利用 2002 和 2007 年两年的投入产出表在 Miller and Blair (1985) 模型的基础上估计了中国 51 个产业的关联程度。

众多文献都证实了产业链接在中国经济中广泛存在并颇有影响，但针对产业链接对冲击的传播和放大作用，相关理论研究和定量分析还不够清晰和准确。本文意在填补此空缺，通过建立两部门模型和一般均衡分析，着重量化分析中国建筑业和制造业之间产业链接的强度和影响，考察产业链接存在与否给冲击传播带来何种变化，并试图定量给出政府扩张型财政政策（以 2008 年 9 月份起的“四万亿”为例）对总体经济的影响。

首先，本文在 Long and Plosser (1983) 模型的基础上加入劳动供给，同时引入政府对建筑业的补贴代表建筑业面临的需求冲击。通过求解政府乘数的表达式，本文证明产业链接在冲击传播和扩大过程中起到正向的放大作用，与此同时政府干预带来的社会福利损失也因产业链接的存在而有所降低。在此简单模型的基础上，本文建立扩展模型，并利用投入-产出表校准模型，采用数值模拟方法计算政府补贴建筑业后的乘数小于 1，但相对于不存在产业链接时的政府乘数，存在产业链接时政府乘数被放大将近 50%。因此，产业链接的存在会放大政府刺激政策的乘数，促进建筑业冲击的传播并增大其对整体经济的影响，同时能够缓解政府干预给社会福利带来的负面影响。

接下来的章节安排如下：第二部分建立一个包含建筑业和制造业的两部门模型，通过引入中间品加入产业链接并求得解析解；第三部分在扩展得到的一般模型基础上利用中国数据进行校准，得到模型的数值结果并与实际数据进行对比和分析；第四部分考察产业链接存在与否的影响。第五部分总结。

二、理论模型

本部分建立一个建筑业-制造业的两部门动态模型，通过引入不同部门之间的产业链接考察需求冲击在部门之间传播并放大的过程。

在完全竞争市场中，无论家户还是生产者都面临给定的市场价格：工资、利率以及建筑品和制造业产品和建筑服务价格，其中代表性家户是资本和劳动力的供给者，通过最大化自身的效用函数做出消费、投资和工作决策。

（一）简单模型

为了便于理解产业链接在传导单个部门冲击时的作用，在引入数值模拟之前，本部分通过以下简化的模型定性分析冲击的传播和扩散机制。简化模型的基础是 Long and Plosser（1983）文章中的模型，基于其文中设定，加入弹性劳动供给，并引入政府对建筑业的补贴因子代表政府刺激经济的行为。

假设效用函数的形式如下：

$$u(C_t, Z_t) = \theta_0 \ln Z_t + \theta_1 \ln C_{1t} + \theta_2 \ln C_{2t},$$

$$u(C_t, Z_t) = q_0 \ln Z_t + q_1 \ln C_{1t} + q_2 \ln C_{2t}$$

这里，家户效用来自闲暇 Z_t 、对制造品的消费 C_{1t} 和对建筑品的消费 C_{2t} 。 q_i ($i=0, 1, 2$) 代表闲暇和两种消费品各自在效用函数中的比重， $i=1$ 为制造业， $i=2$ 为建筑业。

资源约束条件为：

$$C_{it} + M_{i1t} + M_{i2t} = Y_{it}, \quad i=1, 2,$$

$$Z_t = H - L_{1t} - L_{2t}$$

前一式代表家户消费量、制造业中间品消耗量与建筑业中间品的消耗量总和等于当期该部门的生产总量。其中 M_{ij} ($i=1, 2$) 表示部门 j 的生产中用到的来自部门 i 的中间品的量。 Y_i ($i=1, 2$) 代表部门 i 的产量。后一式代表家户享有的闲暇与去往两个部门劳动时间之和等于家户拥有的时间总量 H ， H 为给定常数。

制造业和建筑业的生产函数分别如下：

$$Y_{1t} = L_{1t}^{b_1} M_{11t}^{a_{11}} M_{21t}^{a_{21}}$$

$$Y_{2t} = L_{2t}^{b_2} M_{12t}^{a_{12}} M_{22t}^{a_{22}}$$

其中 $b_i + a_{1i} + a_{2i} = 1$, $i=1, 2$ 。两部门的生产都要使用来自家户的劳动、来自本部门的中间品和来自另一部门的中间品。

我们可以得到上述模型的解析解⁵如下, 其中 β 为时间偏好:

(1) 家户对两种消费品的消费以及闲暇时间的决策,

$$C_{1t} = \frac{q_1}{g_1} Y_{1t}$$

$$C_{2t} = \frac{q_2}{g_2} Y_{2t}$$

$$Z_t = q_0 (q_0 + b(g_1 b_1 + g_2 b_2))^{-1} H$$

(2) 生产中使用到的中间品投入及劳动投入,

$$M_{iit} = \beta a_{ii} Y_{it}, \quad i=1, 2$$

$$M_{12t} = \frac{\beta \gamma_1 a_{12}}{\gamma_2} Y_{2t}$$

$$M_{21t} = \frac{\beta \gamma_2 a_{21}}{\gamma_1} Y_{1t}$$

$$L_{1t} = b g_1 b_1 (q_0 + b(g_1 b_1 + g_2 b_2))^{-1} H$$

$$L_{2t} = b g_2 b_2 (q_0 + b(g_1 b_1 + g_2 b_2))^{-1} H$$

其中

$$g_1 = q_1 + b g_1 a_{11} + b g_2 a_{21}$$

$$g_2 = q_2 + b g_1 a_{12} + b g_2 a_{22}$$

(3) 利用边际效用构建的两部门产品的价格:

$$P_{1t} = \frac{g_1}{Y_{1t}}$$

$$P_{2t} = \frac{g_2}{Y_{2t}}$$

由于下一期的总产出由当期的决策决定, 考虑到两种产品的价格, 我们构建下一期增加的总产出 (即实际 GDP) 如下:

⁵模型的具体求解, 参见数学附录。多部门模型的求解详情, 参见 Long and Plosser (1983)。

$$GDP_{t+1} = C_{1t+1}P_{1t} + C_{2t+1}P_{2t}$$

简单模型中由于未涉及资本，因而实际 GDP 在此仅为消费的价值总和。我们想要得到的是，如果政府决定通过一次性税收对建筑业进行补贴，使得建筑品的价格对家户来说下降为原市场价的 $(1-t)$ 倍（ t 为政府的补贴因子，介于 0 和 1 之间），那么经济体的总产出和家户的总效用将如何变化。

原家户决策条件为：

$$\frac{U_{C_{1t}}}{U_{C_{2t}}} = \frac{\theta_1}{C_{1t}} \cdot \frac{C_{2t}}{\theta_2} = \frac{P_{1t}}{P_{2t}}$$

由于政府对建筑品价格的补贴，补贴政策下家户决策条件如下：

$$\frac{U_{C_{1t}}}{U_{C_{2t}}} = \frac{\theta_1}{C_{1t}} \cdot \frac{C_{2t}}{\theta_2} = \frac{P_{1t}}{(1-\tau)P_{2t}}$$

为了便于理解，我们构造一个新的偏好系数 $q_2^c = \frac{q_2}{(1-t)}$ ，则家户新的决策条件可改写成：

$$\frac{q_1}{C_{1t}} \cdot \frac{C_{2t}}{q_2^c} = \frac{P_{1t}}{P_{2t}}$$

在新的偏好系数下求解上述问题，同时注意到政府为了补贴建筑品，需要的税收总额为

$$T_{t+1} = tP_{2t+1}C_{2t+1}$$

在此基础上，求解政府补贴乘数，即政府每增加一单位税收用于补贴建筑业，会增加多少单位的总产出。经计算结果如下：

$$K_G = \frac{\partial GDP_{t+1}}{\partial T_{t+1}} = 1$$

由上式可以发现，在简单模型中，政府乘数符合古典模型中的李嘉图等价，即一单位的政府支出会对应一单位的 GDP 增加，政府乘数恒等于 1。原因在于简单模型中没有引入任何形式的摩擦，加之两部门产品替代弹性为 1，政府干预只是带来资源在两部门之间的重新配置而没有其他效应。如果考虑到新凯恩斯价格粘性，很有可能会导致政府乘数大于 1，但这对本文的基本结论没有影响。

除了政府乘数，我们还需要考虑政府税收对家户效用的影响。

在上述乘数的计算过程中，政府对建筑业部门的补贴改变了两种商品的相对价格，经由家户决策的一阶条件，在补贴政策下，家户的决策等价于无补贴政策中家庭偏好因子上升后所做的决策。政府补贴后总体经济产出之所以会增长，在于家户总体劳动投入在新的相对价格下增加。不过，一旦反观家户福利就会发现，虽然在政府的补贴政策下经济体总产值有所增加，但家户的福利反而减少。

相对政府不干预的情况，关于政府干预后系统的稳态，我们有以下两个命题。

命题 1: 政府补贴会增加总体劳动投入并扩大产出，产业链接会放大政府刺激下的劳动投入和总产出：

$$\frac{\partial(L_1 + L_2)}{\partial t} > 0, \quad \frac{\partial^2(L_1 + L_2)}{\partial a_{ij} \partial t} > 0, i \neq j$$

$$\frac{\partial \ln \Upsilon}{\partial t} > 0, \quad \frac{\partial^2 \ln \Upsilon}{\partial a_{ij} \partial t} > 0, i \neq j$$

其中， Υ 代表进入家户效用函数的产出 $\ln \Upsilon \triangleq \theta_1 \ln C_1 + \theta_2 \ln C_2$ ，当 $\tau > 0$ 表示政府对建筑业的补贴⁶。

这意味着政府补贴在产品市场上改变生产决策，总产出增加，对劳动的需求随之增加。同时，产业链接的存在强化了各部门之间中间品的往来，进一步放大了由于政策干预带来的总产出和总劳动需求的增长。

命题 2: 政府补贴会降低社会福利，但下降幅度会随着产业链接的增强而减小：

$$\frac{\partial u}{\partial \tau} < 0, \quad \frac{\partial^2 u}{\partial \tau \partial a_{ij}} > 0, i \neq j$$

这与福利经济学第一定理一致。命题 2 表明，虽然在古典模型的假定下，政府刺激乘数恒等于 1，但是在政府未加干预时，经济体处于无外部性的完全竞争均衡；引入政府补贴后，由于价格扭曲，整体社会福利下降。不过，如果经济体各部门之间存在产业链接，产业链接的加强（ a_{ij} 增大， $i \neq j$ ）可以缓解干预带来的扭曲，减少政府干预造成的家户福利下降。

⁶ 命题 1 的证明借鉴了 Liu Ernest (2017) 中所采用的方法，利用全微分和包络定理对企业的利润最大化和家户的效用最大化行为进行分析，详见数学附录。

通过基础模型本文得到了以上定性结果，为了更准确地分析政府补贴的一般均衡效果，我们将构建引入资本投资决策和动态调整的拓展模型，通过校准模型来定量分析产业链接在政策传播、扩散中的作用。

（二）拓展模型

1. 模型建构

无限期生存家户的最大化总效用问题如下：

$$\max_{c_t, k_{t+1}, s_{t+1}} \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t [u(c_t, h_t) + g v(n_t)]$$

使得

$$c_t + x_t^k + p_t^s x_t^s = w_t n_t + r_t^k k_t + p_t^l (l_t - l_{t+1}) + \rho_t^y + \rho_t^s - T_t$$

$$h_t = H(s_t, l_t) = z_h s_t^\theta l_t^{1-\theta}$$

$$x_t^k = k_{t+1} - (1 - \delta_k) k_t \geq 0$$

$$x_t^s = s_{t+1} - (1 - \delta_s) s_t \geq 0$$

$$c_t, k_{t+1} \geq 0$$

其中 c_t 代表加护当期对制造业产品的消费， h_t 代表家户当期的建筑服务消费，建筑服务 h_t 的供给由建筑业提供的产品（称之为建筑品） s_t 和土地 l_t 共同决定。每一期家户的效用函数中除了包含一般制造品消费 c_t 和建筑服务消费 h_t ，还包含对闲暇（ $1 - n_t$ ）的偏好，其中家户拥有的时间被单位化为1， n_t 代表家户的劳动时间。 x_t^k 和 x_t^s 分别是家户对资本品和建筑品的投资决策， δ_k 和 δ_s 代表资本品和建筑品两者各自的折旧率， k_t 和 s_t 则是相应存量。 w 、 r_k 、 p_s 、 p_l 是由市场决定的工资、利率、建筑品价格和土地的价格。企业产权归家户所有， π_t^y 和 π_t^s 分别为每期制造业企业和建筑业企业的利润，在完全竞争市场下等于零。

家户通过选择消费品、建筑服务和闲暇时间来最大化自己的效用，同时面临着预算约束：消费与投资的总价值不能超过家户的总收入——劳动工资收入、利率收入、土地增值与企业利润之和减去政府的一次性税收。

家户使用的建筑服务量由家户选择的建筑投资和土地共同决定，制造业和建筑业的投资减去当期存量的折旧，共同组成下一期的资本或者建筑品存量，两部门有各自不同的折旧率，并且假定投资都是不可逆的，也就是每一期的投资（不考虑折旧的情况下）不能为负。消费和总的投资决策也不能为负。

为方便起见，本文将建筑业生产的产品统一称为建筑品，建筑品可以通过与土地结合为家户提供建筑服务，也可以作为中间品进入生产函数；制造业生产的产品统一称之为制造品，制造品既可作为消费品供消费者消费，也可以作为投资按1：1的比例转化为资本品进入下一期生产，还可以直接作为中间品进入生产函数。

通过四种投入生产制造品的生产函数如下：

$$\begin{aligned} Y_t &= A_t^y F(k_t^y, n_t^y, m_t^{y,y}, m_t^{s,y}) \\ &= A_t^y (k_t^y)^{\alpha_1} (n_t^y)^{\alpha_2} (m_t^{y,y})^{\alpha_3} (m_t^{s,y})^{\alpha_4} \end{aligned}$$

其中制造品的价格被标准化为1， k_t^y 、 n_t^y 、 $m_t^{y,y}$ 、 $m_t^{s,y}$ 分别代表企业要使用的资本、劳动、来自本部门的中间品和来自建筑业的中间品， Y_t 代表制造业总产出， A_t^y 代表制造业的生产技术，并且此处假设制造业生产函数规模报酬不变，也就是

$$a_1 + a_2 + a_3 + a_4 = 1。$$

类似的，通过四种投入生产建筑品的生产函数如下：

$$\begin{aligned} X_t &= A_t^s F(k_t^s, n_t^s, m_t^{s,s}, m_t^{y,s}) \\ &= A_t^s (k_t^s)^{\gamma_1} (n_t^s)^{\gamma_2} (m_t^{s,s})^{\gamma_3} (m_t^{y,s})^{\gamma_4} \\ \gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3 + \gamma_4 &= 1 \end{aligned}$$

在经济下行时，政府通常会投资桥梁、道路、住房等基础设施，刺激经济增长；投资的增长带来建筑业产出的增加，建筑服务的价格随之变化进而影响家户决策。以铁路建设为例，建筑品（站台、铁轨的铺设等）同土地一起构成建筑服务——铁路交通服务，一旦政府大幅度提高铁路的投资，诸如兴建动车、高铁，就会带来铁路交通的便捷，也会相应地降低家户出行所需交通服务的价格。更重要的是，政府兴建基础设施，一方面降低了企业的运输成本，一方面对建筑企业提供了各项政策便利，诸如较低的地价、较少的时间成本等等，可以近似理解为降低了建筑业提供服务的价格。因而我们引入补贴因子 τ_t 代表政府对建筑服务的补贴，当其为正时代表政府加大了对建筑相关的诸如保障房、交通设施等的补贴，总的补贴额度为 $\tau_t R_t h_t$ ，其来源为政府的一次性税收 T_t 。

政府通过一次性税收从家户手中获得税收收入，而后将税收收入全部用于刺激政策补贴建筑业。

政府收支平衡：

$$T_t = t R_t h_t$$

2. 均衡条件

家户最大化效用的一阶条件为：

$$\begin{aligned}\frac{-gv'(n_t)}{u_c(c_t, h_t)} &= w_t \\ \frac{u_c(c_t, h_t)}{bu_c(c_{t+1}, h_{t+1})} &= 1 + r_{t+1}^k - d_k \\ \frac{u_h(c_t, h_t)}{u_c(c_t, h_t)} &= R_t\end{aligned}$$

上式分别代表了家户在当期消费和闲暇之间、跨期消费以及当期物品消费和建筑服务消费之间的取舍。其中工资 w_t 、利率 r_t^k 、建筑服务价格 R_t 都由制造品（也就是消费品）来衡量。家户通过外生给定的工资决定工作的时长，根据利率来决定投资（也就决定了下一期的消费），根据建筑服务的价格决定使用建筑服务的数量。

其中 R_t 为 t 期建筑服务的价格，满足下式7：

$$\begin{aligned}p_t^s &= \frac{1}{1 + r_{t+1}^k - d_k} [R_{t+1} H_s(s_{t+1}, l_{t+1}) + p_{t+1}^s (1 - d_s)] \\ p_t^l &= \frac{1}{1 + r_{t+1}^k - d_k} [R_{t+1} H_l(s_{t+1}, l_{t+1}) + p_{t+1}^l]\end{aligned}$$

以上两式可以理解为建筑品和土地两种物品的定价方程，其单位定价分别等于各自在下一期所产生的边际建筑服务价值和出价值之和的折现。其中土地没有折旧。

制造业企业同家户一样，面临着市场给定的价格，并依此做出利润最大化的劳动雇佣和中间品使用决策。 π_t^y 代表制造业企业的利润，那么制造业的最大化问题为：

$$p_t^y = \max_{k_t^y, n_t^y, m_t^{y,y}, m_t^{s,y}} Y_t - w_t n_t^y - r_t^k k_t^y - m_t^{y,y} - p_t^s m_t^{s,y} \quad (2)$$

给定价格，制造业企业最大化问题的一阶条件如下：

$$\begin{aligned}r_t^k &= A_t^y F_1 = A_t^y a_1 F / k_t^y \\ w_t &= A_t^y F_2 = A_t^y a_2 F / n_t^y \\ 1 &= A_t^y F_3 = A_t^y a_3 F / m_t^{y,y} \\ p_t^s &= A_t^y F_4 = A_t^y a_4 F / m_t^{s,y}\end{aligned}$$

7 R_t 代表隐含的基建服务的价格，用消费品作为单位。两个式子代表当期购买土地 l_t 或者基建产品 s_t 的成本由基建服务的未来收益决定。推导见文后。

通过以上 4 个条件，企业进行资本、劳动和中间品的投入的决策。其中资本投入由利率决定，劳动投入根据工资决定，由于制造品在此模型中作为计价物品，因而制造业去往本部门的中间品价格等于 1，建筑业去往制造业的中间品投入就由建筑品价格决定。

建筑业的厂商决策与制造业类似。 π_t^s 代表建筑业企业的利润，其最大化问题为：

$$\rho_t^s = \max_{n_t^s, k_t^y, m_t^{s,s}, m_t^{y,s}} p_t^s X_t^s - r_t^k k_t^s - w_t n_t^s - p_t^s m_t^{s,s} - p_t^y m_t^{y,s} \quad (3)$$

通过选择资本、劳动和中间品的投入来最大化企业利润。

建筑业的一阶条件与制造业类似，如下：

$$\begin{aligned} r_t^k &= A_t^y G_1 = A_t^s g_1 G / k_t^s \\ w_t &= A_t^s G_2 = A_t^s g_2 G / n_t^s \\ p_t^s &= A_t^s G_3 = A_t^s g_3 G / m_t^{s,s} \\ 1 &= A_t^s G_4 = A_t^s g_4 G / m_t^{y,s} \end{aligned}$$

企业分别根据利率、工资、建筑品价格和制造业产品价格来决定资本、劳动、建筑中间品和制造中间品的投入。建筑企业同样面临完全竞争市场，所有的价格都是由市场外生（外生于企业）决定的。

在完全竞争市场下，制造业和建筑业企业的利润 ρ_t^y 、 ρ_t^s 都等于 0。

加入政府补贴因子 t_t 后对家户和生产部门决策的一阶条件并没有实质性的影响，除了决定建筑服务消费的一阶条件成为：

$$\frac{u_h(c_t, h_t)}{u_c(c_t, h_t)} = (1 - t_t) R_t$$

上式意在说明，当政府决定采取刺激政策，并且该政策主要指向于基础设施建设时，相当于建筑品 s_t 得到补贴，进而降低了建筑服务 h_t 的价格，使得受到补贴后的价格只有原来 R_t 的 $1 - t_t$ 倍。

此两部门模型中的均衡为：价格体系 $\{w_t\}_{t=0}^\infty$ 、 $\{r_t^k\}_{t=0}^\infty$ 、 $\{p_t^s\}_{t=0}^\infty$ 、 $\{p_t^y\}_{t=0}^\infty$ 和资源配置 $\{c_t\}_{t=0}^\infty$ 、 $\{n_t\}_{t=0}^\infty$ 、 $\{x_t^s\}_{t=0}^\infty$ 、 $\{x_t^k\}_{t=0}^\infty$ 、 $\{k_t^y\}_{t=0}^\infty$ 、 $\{n_t^y\}_{t=0}^\infty$ 、 $\{m_t^{s,y}\}_{t=0}^\infty$ 、 $\{m_t^{y,y}\}_{t=0}^\infty$ 和 $\{k_t^s\}_{t=0}^\infty$ 、 $\{n_t^s\}_{t=0}^\infty$ 、 $\{m_t^{s,s}\}_{t=0}^\infty$ 、 $\{m_t^{y,s}\}_{t=0}^\infty$ ，使得给定价格：

- (1) $\{c_t\}_{t=0}^\infty$ 、 $\{n_t\}_{t=0}^\infty$ 、 $\{x_t^s\}_{t=0}^\infty$ 、 $\{x_t^k\}_{t=0}^\infty$ 解决家户最大化效用问题 (1)；
- (2) $\{k_t^y\}_{t=0}^\infty$ 、 $\{n_t^y\}_{t=0}^\infty$ 、 $\{m_t^{s,y}\}_{t=0}^\infty$ 、 $\{m_t^{y,y}\}_{t=0}^\infty$ 解决制造业企业最大化利润问题 (2)；
- (3) $\{k_t^s\}_{t=0}^\infty$ 、 $\{n_t^s\}_{t=0}^\infty$ 、 $\{m_t^{s,s}\}_{t=0}^\infty$ 、 $\{m_t^{y,s}\}_{t=0}^\infty$ 解决建筑业企业最大化利润问题 (3)；
- (4) 市场出清：

资本市场出清： $k_t = k_t^y + k_t^s$ ；

劳动市场出清： $n_t = n_t^y + n_t^s$ ，即制造业和建筑业雇佣劳动的总量等于家户提供的劳动量；

土地市场出清，这里本文假设土地供给不变： $l_t = l_{t-1} = \bar{l}$

制造品市场出清，制造品总量等于家户消费、投资、制造业中间品和建筑业中间品的总和： $A_t^y F = c_t + x_t^k + m_t^{y,y} + m_t^{y,s}$

建筑品市场出清，建筑品总量等于家户建筑投资、建筑业中间品和制造业中间品的总和： $A_t^s G = x_t^s + m_t^{s,s} + m_t^{s,y}$

三、数值模拟

上一部分中已经给出家户的效用最大化问题：

$$\max_{c_t, k_{t+1}, s_{t+1}} \prod_{t=0}^{\infty} b^t [u(c_t, h_t) + gv(n_t)]$$

其中的 $u(c_t, h_t)$ 和 $v(n_t)$ 采用如下形式：

$$u(c_t, h_t) = \frac{1}{r} \ln[hc_t^r + (1-h)h_t^r]$$

$$v(n_t) = -\frac{n_t^{1+\frac{1}{v}}}{1+\frac{1}{v}}$$

分别代表了家户对消费、住房服务和闲暇的偏好。式中采用 CES 效用函数的对数形式， r 决定了家户消费中制造品消费和建筑服务消费的替代弹性 $\varepsilon_{ch} = \frac{1}{1-\rho}$ 。引入这种效用函数，在两种不同的消费之间建立起比一般柯布-道格拉斯效用函数更强的互补关系。这在现实生活中意味着，一旦家户增大建筑服务消费，其他制造品的消费也会随之增加：比如买房后，装修过程需要购买家具、家电；道路拓宽后，私家车的需求增加；交通便捷后，更加频繁的旅游出行带来消费增加等。由于本文模型中假定公司归家户所有，因而还可能包括由于基础设施的修建，交通成本减少后公司投入品采购的增加等。

（一）模型校准

本文模型校准的重点在生产函数的参数估计上。

根据投入产出表中劳动、资本和中间品的份额，得到制造业和建筑业的生产函数的参数如下：

表 1 中美生产函数对应系数对比。

生产要素	k^y	n_y	m_{yy}	m_{sy}	k^s	n_s	m_{ss}	m_{ys}
参数	a_1	a_2	a_3	a_4	g_1	g_2	g_3	g_4
美国	0.18	0.5	0.035	0.285	0	0.6	0.02	0.3
中国	0.059	0.149	0.501	0.291	0.02	0.25	0.04	0.69

表中第四行为根据中国 2012 年度投入产出表校准的生产函数的参数⁸，效用函数的参数选取沿用既有文献中的常用数值，并在中国数据的基础上调整使得稳态下模型结果满足以下事实：

- 1、建筑业占总产出 GDP 的比例约为 0.18；
- 2、家庭劳动总时约为 $n_y + n_s = 0.7$ ；
- 3、家庭消费占制造业总产出约为 0.3； n

结果如下表：

表 2 模型中用到的其他参数

参数	A_s	A_y	b	g	r	n	ϵ	h	z_h	d_s	d_y
数值	2.04	1	0.96	0.97	2	2	0.3	0.435	0.114	0.015	0.115

给定上述参数⁹的基础上，我们校准 t 的变化。

由图 2 已知，2005-2014 年间，建筑业在 2008-2009 年经历了资产投资增速的显著上升，对应现实中政府于 2008 年底启动 2010 年结束的“四万亿”的扩张性政策。2009 年建筑业固定资产投资从 2008 年的 1.20 万亿元提高到 1.56 万亿元，交通仓储业更是从 2008 年的 1.57 万亿元跃升至 2.33 万亿元。

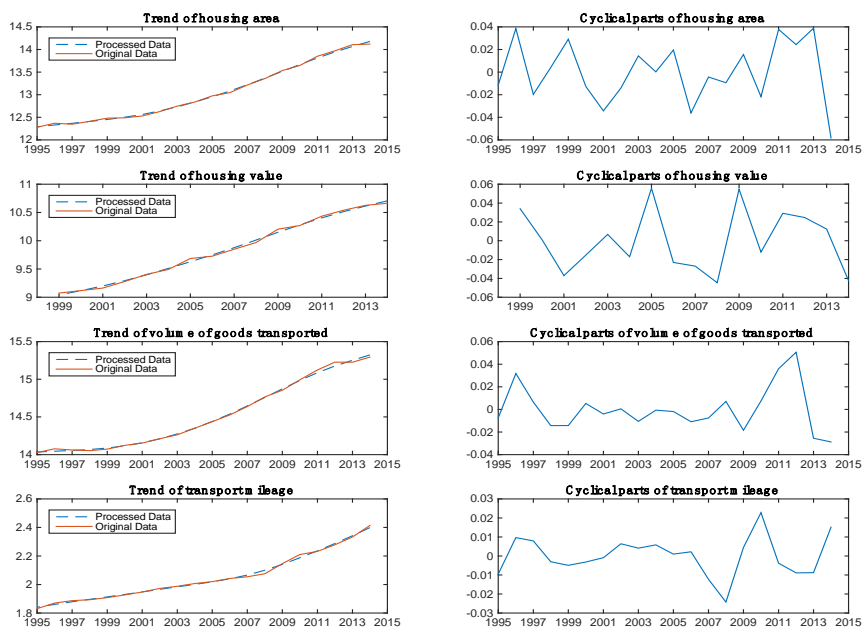
与建筑业相关领域产出的数据经过 HP-filter 处理，如图 3 中所示，左列展示原始

⁸详情可见附录。第四行与第三行美国既有参数的对比可发现两套参数存在差别但并不是实质性的。这一生产函数上的相近通过投入产出表的对比也可以发现。对比见附录。

⁹通过数据对 ρ 的估计也证实了两种消费之间的互补关系，参数 ρ 的校准利用了如下回归： $\ln R = \ln\left(\frac{1-\eta}{\eta}\right) + (\rho - 1)\ln\left(\frac{H}{C}\right)$ ，数据均来自国家统计局 2000 年后的年度数据，包括商品房平均销售价格、商品房销售面积、实际最终消费。

数据和数据趋势，右列展示原始数据对数据趋势的偏离幅度。从上至下分别是房屋施工面积（万平方米）、房屋竣工价值（亿元）、货物运输量（万吨）、铁路营业里程（万公里）（建筑服务建设周期较长，因而政府对建筑业的刺激要经过一段时间才会显现成效，建筑服务的增长往往也会延后。尤其诸如铁路运营里程这类变量，要投入使用后才计入当年统计数据，所以铁路里程的变化在2010年才显著升高），由数据可知，政府刺激政策2008年底启动，2009年开始显现成效，导致建筑服务2009年-2010年间偏离趋势上升5%以上。

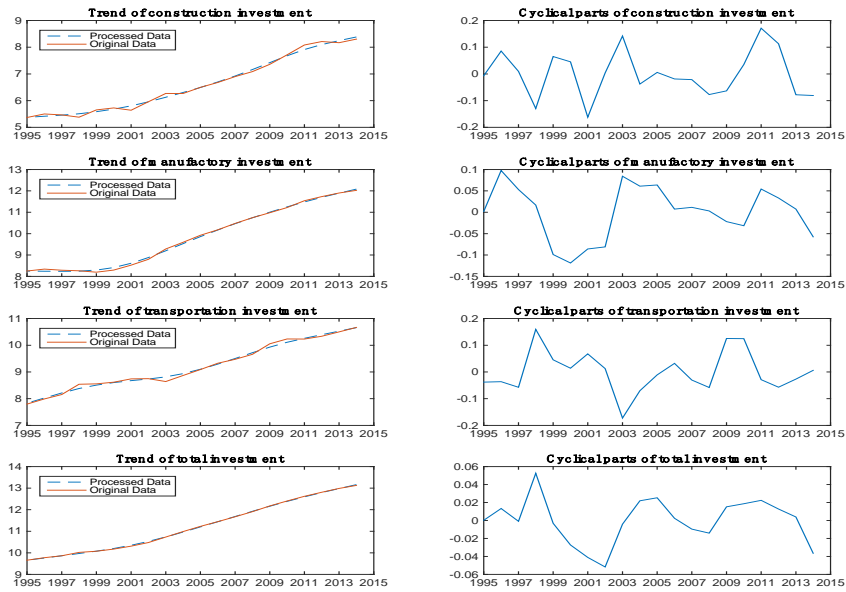
图3 建筑业相关领域产生的趋势和波动。



数据来源:国家统计局。时间序列数据皆经过HP滤波处理,左列为数据趋势,右列为数据波动。

图4则更加针对性的展示了建筑业、制造业、交通仓储业及总投资的时间序列的趋势和波动。在2009-2010年之间，总投资及制造业的投资波动并不大，与趋势的偏离稳定在五个百分点左右。但建筑业以及建筑相关的交通仓储业的投资波动偏离趋势基本在10%以上甚至达到20%。

图 4 建筑业投资、制造业投资、交通仓储投资和总投资的趋势与波动



数据来源:国家统计局。时间序列数据皆经过 HP 滤波处理,左列为数据趋势,右列为数据波动。由上至下依次为建筑业固定资产投资、制造业固定资产投资、交通仓储业固定资产投资、总固定资产投资。

以上述数据为基础,通过如下公式计算政府的支出乘数。

$$K_G = \frac{\Delta GDP}{\Delta \text{Government Spending}} = \frac{\Delta GDP}{\Delta T} = \frac{\Delta GDP}{\tau Rh}$$

经计算,如果要使建筑业的投资增长率超出稳定趋势 11%,政府的补贴因子要达到 0.21。也就是政府的补贴要使家户面临的建筑品市场价格达到原有市值的 79%,才能使得建筑业投资呈现出数据中所呈现的增长率,对应政府支出乘数 0.6。此乘数意义为:当年政府刺激建筑业,补贴家户购买建筑服务 1 元,长期来看(直至到达下一个稳态)国内生产总值共增加 0.6 元。这与实证文献中中国政府消费乘数比较接近。王国静(2014)计算得到政府消费乘数约为 0.79,政府投资乘数则高达 6.11; 李生祥(2004)计算中得到短期政府购买乘数当期约为 1.6,转移支付乘数则较低,约为 0.37。

此外,当考虑政府补贴政策时, τ 的取值介于 0 到 1 之间。如果 τ 取值小于 0,就意味着政府对该行业由补贴转向收税。

除了计算乘数,本文的另一重要意图在于考察产业链对于单部门冲击扩散到整体经济这一过程的影响。因而在初始模型的基础上,本文接下来将构建一个其他假定相同,只是不存在产业链的模型,在此模型中考察单部门冲击扩散的程度,通过与初始模型的对比说明产业链的重要作用。

四、反事实政策实验:无产业链的情况

本部分意在考察产业链接的存在对政府刺激政策传播和放大的影响。如果想建立一个不存在产业链接的两部门模型，其中家户和政府的设定并不需变动，唯一的变动是去掉制造业和建筑业之间中间品的使用和相互使用，由此消除产业链接的影响。

(一)、模型

此时，制造业生产函数只包括劳动和资本两项投入，不再计入两个部门中间品的投入使用：

$$\begin{aligned} Y_t &= A_t^y F(k_t^y, n_t^y) \\ &= A_t^y (k_t^y)^{a_1} (n_t^y)^{a_2} \end{aligned}$$

同理，建筑业生产函数：

$$\begin{aligned} X_t^s &= A_t^s G(k_t^s, n_t^s) \\ &= A_t^s (k_t^s)^{g_1} (n_t^s)^{g_2} \end{aligned}$$

其中 $a_1 + a_2 = 1$ ， $g_1 + g_2 = 1$ 。

去掉中间品投入后，市场均衡的定义和条件仅在制造品和建筑品动市场的出清上发生了改变：

制造品市场出清： $A_t^y F = c_t + x_t^k$ ；

建筑品市场出清： $A_t^s G = x_t^s$ ，其他市场不变。

制造业最大化问题为： $\rho_t^y = \max_{k_t^y, n_t^y} Y_t - w_t n_t^y - r_t^k k_t^y$

给定价格，制造业企业最大化问题一阶条件如下：

$$\begin{aligned} r_t^k &= A_t^y F_1 = A_t^y a_1 F / k_t^y \\ w_t &= A_t^y F_2 = A_t^y a_2 F / n_t^y \end{aligned}$$

建筑业企业决策与制造业类似，最大化问题为： $\rho_t^s = \max_{n_t^s} p_t^s X_t^s - r_t^k k_t^s - w_t n_t^s$

建筑业企业一阶条件如下：

$$\begin{aligned} r_t^k &= A_t^s G_1 = A_t^s g_1 G / k_t^s \\ w_t &= A_t^s G_2 = A_t^s g_2 G / n_t^s \end{aligned}$$

(二)、校准

我们保持模型其他参数不变，通过原生产函数中资本和劳动使用系数之比给新的生产函数中资本和劳动的系数（ a_1 、 a_2 、 g_1 、 g_2 ）赋值，并在此基础上按照同样的标准对 A_y 和 z_h 进行校准（建筑业占总产出 GDP 的比例约为 0.18、农户消费占制造业总产出约为 0.3，详见存在产业链接的模型校准），得到新的参数

表 3 无产业链接的模型参数校准

参数	a_1	a_2	g_1	g_2	A_y	z_h
数值	0.5	0.5	0.15	0.85	1.626	0.0739

为了方便比较，如果我们继续保持 0.21 的补贴因子，同样方法计算出此时政府刺激政策的乘数为 0.4，政府刺激的作用在没有产业链接的情况变得更小。

由此可见，部门间产业链接的存在，有助于实现政府政策刺激整体经济的效果。

五、结论

不论是定性求解还是定量计算，本文模型显示经济运行中单个部门受到的冲击会通过产业链接传播并扩散到整个经济。虽然政府对建筑业 1 单位的补贴给整体经济的产出乘数效应小于 1，但当存在产业链接时政府支出乘数约为 0.6，无产业链接下政府刺激乘数仅为 0.4。也就是对应无产业链接的情况，产业链接的存在加强了政府刺激经济的效果。与此同时，模型求解后显示产业链接的存在能够有效降低政府干预中社会福利的下降。由于本文着重讨论政府刺激的后续作用，因而假定了政府刺激的外生，没有加入农户投资建筑业时可能面临的信贷约束。现实中，政府刺激政策——尤其以 2008 年“四万亿”为例，往往伴随基础设施、房地产等建筑业相关领域的大幅度信贷扩张（Bai. et al. , 2016）。根据 Kiyotaki and Moore(1997)的研究，经济活动中以土地等实业为代表的信贷抵押品的存在，会放大经济体受到的外生冲击。这意味着，政府刺激带来的信贷扩张，会使得经济体对外生的冲击更加敏感，本文的结果会得到进一步强化。

从投入-产出表出发建立一般均衡模型，本文充实了中国现有的产业链接研究，并给出了产业政策带动效应的对比分析，在有产业链接和无产业链接的情况下，校准模拟“四万亿”政策下政府支出乘数，得到结果显示：产业链接的存在有助于扩大政府产业政策的实施效果，同时能够缓解政府干预下价格扭曲带来的社会总福利损失。

这一研究结果具有丰富的现实意义。在经济下滑的调整阶段，特别是在整体经济遇到外部冲击的时期（例如全球金融危机），市场有效需求不足，需要政府政策的干预和刺激来稳定经济增长。而当政府进行投资具体领域的决策或指定各类产业政策时，就不仅需要考虑该产业的公共属性以及是否有助于提高长期经济增长潜力，还需要综合考察该产业同其他经济部门的链接情况。本文研究显示，政府投资具有较强产业链连接的部门不仅有助于提高政策效果，还有助于缓解政府干预对社会福利带来的损失。

此外，本文中用来代表政府刺激的补贴因子 τ 位于0和1之间，如果 τ 取值小于零，则可将之视为政府对建筑业的税收，用于估计房产税实施后对经济体的影响，乃至求解最大化社会总福利的最优税收等，建立进一步的后续研究。

参考文献：

- 李生祥、丛树海, 2004: 《中国财政政策理论乘数和实际乘数效应研究》, 《财经研究》第1期。
- 刘生龙、胡鞍钢, 2010: 《基础设施的外部性在中国的检验: 1988-2007》, 《经济研究》第3期。
- 刘晓光、张勋、方文全, 2015: 《基础设施的城乡收入分配效应: 基于劳动力转移的视角》, 《世界经济》第3期。
- 潘文卿、娄莹、李宏彬, 2015: 《价值链贸易与经济周期的联动: 国际规律及中国经验》, 《经济研究》第11期。
- 王国静、田国强, 2014: 《政府支出乘数》, 《经济研究》第9期。
- 王国军、刘水杏, 2004: 《房地产业对相关产业的带动效应研究》, 《经济研究》第8期。
- 余典范、干春晖、郑若谷, 2011: 《中国产业结构的关联特征分析——基于投入产出结构分解技术的实证研究》, 《中国工业经济》第11期。

Acemoglu, D., Akcigit, U., & Kerr, W. R. , 2015, "Networks and the macroeconomy: an empirical exploration", *Social Science Electronic Publishing*, 30(1), 273-335.

Acemoglu, D., Ozdaglar, A., & Tahbaz-Salehi, A. , 2017, "Microeconomic origins of macroeconomic tail risks", *The American Economic Review*, 107(1), 54-108.

Alvarez, F. E., Buera, F. J., & Lucas, R. E. , 2008, "Models of idea flows", *Nber Working Papers*.

- Atalay, E., Hortaçsu, A., Roberts, J., & Syverson, C. , 2011, "Network structure of production", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108(13), 5199-202.
- Bai, C. E., Hsieh, C. T., & Song, Z. M. , 2016, "The long shadow of a fiscal expansion", *Nber Working Papers*.
- Boldrin, M., Garriga, C., Peraltaalva, A., & Sánchez, J. M. , 2016, "Reconstructing the great recession", *Working Papers*(3).
- Carvalho, V. M. , 2014, "From micro to macro via production networks", *Journal of Economic Perspectives*, 28(28), 23-47(25).
- Carvalho, V. M., & Voigtländer, N. , 2014, "Input diffusion and the evolution of production networks", *Working Papers*.
- Davis, M. A., & Heathcote, J. , 2005, "Housing and the business cycle", *International Economic Review*, 46(3), 751-784.
- Giroud, X., & Mueller, H. M. , 2017, "Firms' internal networks and local economic shocks" *Social Science Electronic Publishing*.
- Grazzini, J., & Spelta, A. , 2015, "An empirical analysis of the global input-output network and its evolution", *DISCE—Working Papers del Dipartimento di Economia e Finanza*.
- Hornstein, A., & Praschnik, J. , 1997, "Intermediate inputs and sectoral comovement in the business cycle", *Journal of Monetary Economics*, 40(3), 573-595.
- Jones, C. I. , 2011, "Intermediate goods and weak links in the theory of economic development", *American Economic Journal: Macroeconomics*, 3(2), 1-28.
- Jones, C. I. , 2011, "Misallocation, economic growth, and input-output economics", *Nber Working Papers*.
- Kit, S., & Kit, M. , 2012, "Micro and macro labor supply elasticities: a reassessment of conventional wisdom", *Journal of Economic Literature*, 50(2), 464-76.
- Kireyev, A., & Leonidov, A. , 2015, "Network effects of international shocks and spillovers", *International Monetary Fund*.
- Kiyotaki, N., & Moore, J. , 1997, "Credit cycles", *Journal of political economy*, 105(2), 211-248.
- Liu, E. ,2017, "Industrial Policies and Economic Development", Job Market Paper.
- Long, J. B., & Plosser, C. I. , 1983, "Real business cycles", *Journal of Political Economy*, 91(1), 39-69.

Miller, R. E., & Blair, P. D. , 2009, Input-output analysis: foundations and extensions.
Cambridge University Press.

Oberfield, E. , 2012, "Business networks, production chains, and productivity: A theory of input-output architecture", *Meeting Papers. Society for Economic Dynamics*.

Ozdagli, A., & Weber, M. , 2017, "Monetary policy through production networks: Evidence from the stock market", *National Bureau of Economic Research*.

附录:

A 数据

本文数据皆来自国家统计局。
制造业、建筑业和交通仓储等固定资产投资对比如表。

年份	2005	2007	2009	2011	2013	均值	方差
制造业	1	1.74	2.88	5.03	7.23	3.94	6.57
建筑业	1	1.49	2.36	4.88	5.32	3.30	3.93
交通运输	1	1.47	2.631	3.13	4.10	2.68	1.65
总固定资产投资	1	1.56	2.58	4.03	5.80	3.30	3.93

附表1: 制造业、建筑业和交通仓储等固定资产投资对比(2005=1)

B 校准

利用中国 2012 年投入产出表进行生产函数的校准^[10]

投入产出	建筑业份额	制造业份额	交通仓储份额	水利环境
建筑业	0.03	0.002	0.01	0.021
制造业	0.54	0.508	0.28	0.214
交通仓储	0.03	0.026	0.14	0.037
水利环境	0.0001	0.0007	0.004	0.017
中间投入合计	0.73	0.792	0.63	0.585
劳动者报酬	0.16	0.079	0.18	0.244
生产税净额	0.04	0.040	0.01	0.005
固定资产折旧	0.01	0.031	0.08	0.079
营业盈余	0.05	0.058	0.10	0.087
增加值合计	0.27	0.208	0.37	0.415
总投入	1.00	1.000	1.00	1.000

附表 2: 2012 年投入产出表整理

附表 2 显示 2012 年投入产出表¹⁰。
增加值中提取劳动的份额,中间品份额按比例划分。
对比美国投入产出表¹¹:

¹⁰ 从表中可以发现,相对于制造业,建筑业、交通仓储和水利环境的共同特征是:生产过程中的中间品很少一部分来自本部门,绝大部分来自其他部门。

¹¹ 来自 Boldrin(2013)。

Table A2: Coefficients with Respect to Column Industries

Commodities/Industries	Construction	Other Industries
Construction	0.0009	0.0058
Other industries	0.4828	0.4301
Compensation of employees	0.3625	0.2802
Taxes on production and imports, less subsidies	0.0072	0.0471
Gross operating surplus	0.1466	0.2368
Total	1.0000	1.0000

Source: Use input-output tabel (BEA)

附表 3: 美国投入产出表

对比可发现建筑业和制造业的占比大致相同。不过狭义上建筑业的划分会使得生产函数中建筑业中间品占有份额过小。因而本文中使用的广义的建筑业概念,将交通、仓储、水利等囊括在内。

C 模型推导

C.1 简单模型求解

简单模型设定:

$$u(C_t, Z_t) = q_0 \ln Z_t + q_1 \ln C_{1t} + q_2 \ln C_{2t}$$

对社会规划者来说,

$$C_{it} + M_{i1t} + M_{i2t} = Y_{it}, i=1, 2,$$

$$Z_t + L_{1t} + L_{2t} = H$$

制造业和建筑业的生产函数分别如下:

$$Y_1 = L_1^{b_1} M_{11}^{a_{11}} M_{21}^{a_{21}}$$

$$Y_2 = L_2^{b_2} M_{12}^{a_{12}} M_{22}^{a_{22}}$$

其中 $b_i + a_{1i} + a_{2i} = 1$, $i=1, 2$ 。

值函数:

$$V(S_t) = \max\{u(C_t, Z_t) + \beta E[V(S_{t+1})|S_t]\},$$

$S_t = (Y_t)$ 为状态变量。通过猜想和证实 (Guess and Verify),

$$V(S_t) = A \ln Y_{1t} + B \ln Y_{2t} + K$$

解得

$$A = \theta_1 + \beta A a_{11} + \beta A a_{21},$$

$$B = \theta_2 + \beta A a_{21} + \beta A a_{22},$$

记 A、B 分别为 γ_1 、 γ_2 ，由上式可得：

$$g_1 = \frac{(1 - ba_{22})q_1 + ba_{12}q_2}{1 - ba_{11} - ba_{22} + b^2(a_{11}a_{22} - a_{21}a_{12})}$$

$$g_2 = \frac{ba_{21}q_1 + (1 - ba_{11})q_2}{1 - ba_{11} - ba_{22} + b^2(a_{11}a_{22} - a_{21}a_{12})}$$

值函数得解。解析解易得。

C.2 简单模型结论证明

命题 1： 政府补贴会增加总体劳动投入并扩大产出，产业链接会对政府刺激下劳动投入的增加以及总产出的增加起到放大作用：

$$\frac{\partial(L_1 + L_2)}{\partial t} > 0, \quad \frac{\partial^2(L_1 + L_2)}{\partial a_{ij} \partial t} > 0, i \neq j$$

$$\frac{\partial \ln \Upsilon}{\partial t} > 0, \quad \frac{\partial^2 \ln \Upsilon}{\partial a_{ij} \partial t} > 0, i \neq j$$

其中， Υ 代表进入家户效用函数的产出 $\ln \Upsilon \triangleq \theta_1 \ln C_1 + \theta_2 \ln C_2$ ，当 $\tau > 0$ 表示政府对建筑业的补贴。

证明：

$$\text{记 } W = 1 - ba_{11} - ba_{22} + b^2(a_{11}a_{22} - a_{21}a_{12}), \quad Q = q_0 + b(g_1 b_1 + g_2 b_2),$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial L_{1t}}{\partial q_2} + \frac{\partial L_{2t}}{\partial q_2} &= H \frac{1}{Q^2} \left[q_0 b b_1 \frac{ba_{21}}{W} + q_0 b b_2 \frac{1 - ba_{11}}{W} \right] \\ &= H \frac{b q_0}{Q^2 \cdot W} \left[b_1 b a_{21} + b_2 (1 - b a_{11}) \right] \\ &> 0 \end{aligned}$$

引入政府补贴，家户一阶条件成为：

$$\frac{q_1 \times C_{2t}}{C_{1t} q_2} = \frac{P_{1t}}{(1-t)P_{2t}},$$

$$\frac{(1-t)q_1 \times C_{2t}}{C_{1t} q_2} = \frac{P_{1t}}{P_{2t}}$$

将其视为在新的偏好因子下的决策，令 $q_2' = \frac{q_2}{(1-t)}$ ，那么 $\frac{\partial q_2'}{\partial t} = \frac{q_2}{(1-t)^2} > 0$

$$\frac{\partial(L_{1t} + L_{2t})}{\partial t} = \frac{\partial(L_{1t} + L_{2t})}{\partial q_2'} \frac{\partial q_2'}{\partial t} > 0$$

进而可得 $\frac{\partial^2(L_1 + L_2)}{\partial a_{ij} \partial t} > 0, i \neq j$ 。

要证 $\frac{\partial \ln Y}{\partial t} > 0$ ， $\frac{\partial^2 \ln Y}{\partial a_{ij} \partial t} > 0, i \neq j$ ，需先证：

$$\frac{\partial \ln Y_t}{\partial \ln(L_{1t} + L_{2t})} = (q'(I - S)^{-1}B) > 0$$

其中 Y_t 代表进入家户效用函数的产出 $Y_t \triangleq \theta_1 \ln C_{1t} + \theta_2 \ln C_{2t}$ ，参数 $q' = (q_1, q_2)$ 、

$S = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix}$ 、 $B = (b_1, b_2)$ ， I 为单位矩阵。

证明如下。在简单模型静态的设定下，家户效用和进入家户效用的产出分别为：

$$u = q_0 \ln(H - L_1 - L_2) + \ln Y$$

$$\ln Y \triangleq \theta_1 \ln C_1 + \theta_2 \ln C_2$$

可将 Y 视为一种最终产品，直接被家户消费，此最终品的生产函数 $F = C_1^{q_1} C_2^{q_2}$ ，将其价格标准化为 1，对家户来说有预算约束 $Y = w(H - Z)$ ，其中 w 为用最终品衡量的工资，均衡条件下最终品的供给等于需求 $F = Y$ 。

制造业和建筑业的生产函数分别如下：

$$Y_1 = L_1^{b_1} M_{11}^{a_{11}} M_{21}^{a_{21}}$$

$$Y_2 = L_2^{b_2} M_{12}^{a_{12}} M_{22}^{a_{22}}$$

市场出清条件：

$$C_1 + M_{11} + M_{12} = Y_1$$

$$C_2 + M_{21} + M_{22} = Y_2$$

$$L_1 + L_2 + Z = H$$

企业 $i = 1, 2$ 的一阶条件:

$$wL_i = b_i \times p_i Y_i, \quad p_j M_{ji} = a_{ji} \times p_i Y_i$$

令 $K_i = \frac{p_i Y_i}{Y}$ 并结合家户预算约束有

$$L_i = \frac{b_i K_i}{\sum_j b_j K_j} (H - Z), \quad M_{ij} = a_{ij} \times \frac{K_j}{K_i} Y_i$$

以上两式代表着劳动和中间品在不同部门之间的分配。

最终品生产的一阶条件:

$$p_i C_i = q_i F, \quad \text{得到 } C_i = \frac{Y_i q_i F}{K_i Y}.$$

结合两部门各自的生产函数以及 $b_i + a_{1i} + a_{2i} = 1$:

$$\begin{aligned} \ln Y_i &= b_i [\ln b_i + \ln k_i + \ln(H - Z)] + \sum_j a_{ji} \ln M_{ji} \\ &= b_i [\ln b_i + \ln k_i + \ln(H - Z)] + \sum_j a_{ji} [\ln a_{ji} + \ln k_i - \ln k_j + \ln Y_j] \\ \ln Y_i - \ln k_i &= b_i \ln b_i + \sum_j a_{ji} \ln a_{ji} + b_i \ln(H - Z) + \sum_j a_{ji} (\ln Y_j - \ln k_j) \\ \ln Y &= \sum_i q_i \ln C_i = \sum_i q_i (\ln Y_i + \ln F + \ln q_i - \ln k_i - \ln Y) = \sum_i q_i (\ln Y_i - \ln k_i + \ln q_i) \end{aligned}$$

将上述变量用向量表示, $Y = (Y_1, Y_2)$ 、 $k = (k_1, k_2)$ 、 $B = (b_1, b_2)$ 并且令

$\ln w_i = b_i \ln b_i + \sum_j a_{ji} \ln a_{ji}$, 可以得到:

$$\ln Y - \ln k = \ln W + B \ln L + S (\ln Y - \ln k)$$

$$\ln Y - \ln k = (I - S)^{-1} (\ln W + B \ln L)$$

$$\ln Y = q' \ln q + q' (I - S)^{-1} (\ln W + B \ln L)$$

最终得到

$$\frac{\partial \ln \Upsilon}{\partial \ln L} = q'(I - S)^{-1} B > 0$$

易得 $\frac{\partial^2 \ln \Upsilon}{\partial a_{ij} \partial t} > 0, i \neq j$ 。

命题 2: 政府干预会降低社会福利，但产业链接会减缓福利的下降：

$$\frac{\partial u}{\partial \tau} < 0, \frac{\partial^2 u}{\partial \tau \partial a_{ij}} > 0, i \neq j$$

证明：

根据命题 1 可得

$$\frac{\partial(L_1 + L_2)}{\partial \tau} > 0$$

$$\frac{\partial^2(L_1 + L_2)}{\partial \tau \partial a_{ij}} > 0, i \neq j$$

$$\frac{\partial u}{\partial \tau} = \frac{\partial u}{\partial(L_1 + L_2)} \frac{\partial(L_1 + L_2)}{\partial \tau} = (\theta'(I - \Sigma)^{-1} B - \theta_0) \cdot \frac{\partial(L_1 + L_2)}{\partial \tau}$$

假设

$$A = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}, \quad A^{-1} = \frac{1}{ad - bc} \begin{pmatrix} d & -b \\ -c & a \end{pmatrix}$$

则

$$\begin{aligned} \theta'(I - \Sigma)^{-1} B &= (\theta_1, \theta_2) \begin{pmatrix} 1 - a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & 1 - a_{22} \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \end{pmatrix} \\ &= (\theta_1, \theta_2) \frac{1}{(1 - a_{11})(1 - a_{22}) - a_{12}a_{21}} \begin{bmatrix} 1 - a_{22} & a_{12} \\ a_{21} & 1 - a_{11} \end{bmatrix} \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \end{pmatrix} \\ &= \frac{1}{(1 - a_{11})(1 - a_{22}) - a_{12}a_{21}} \cdot (\theta_1(1 - a_{22}) + \theta_2 a_{22}, \theta_1 a_{12} + \theta_2(1 - a_{11})) \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \end{pmatrix} \\ &= \frac{1}{(1 - a_{11})(1 - a_{22}) - a_{12}a_{21}} \cdot (b_1 \theta_1(1 - a_{22}) + b_1 \theta_2 a_{22} + b_2 \theta_1 a_{12} + b_2 \theta_2(1 - a_{11})) \end{aligned}$$

因此

$$\frac{\partial^2 u}{\partial(L_1 + L_2) \partial a_{ij}} > 0, \quad i \neq j$$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial \tau \partial a_{ij}} > 0, \quad i \neq j$$

C.3 一般模型中隐含价格的证明

拉格朗日函数:

$$\mathcal{L} = \sum \beta^t [u(c_t, h_t) + \gamma v(n_t)] + \lambda_t [w_t n_t + r_t^k k_t + p_t^l (l_t - l_{t+1}) - T - c_t - x_t^k - p_t^s x_t^s] + \mu_t [H(s_t, l_t) - h_t]$$

$$k_{t+1} : -\lambda_t + \lambda_{t+1} [r_{t+1}^k + (1 - \delta_k)] = 0$$

$$s_{t+1} : -\lambda_t p_t^s + \lambda_{t+1} p_{t+1}^s (1 - \delta_s) + \mu_{t+1} H_s(s_t, l_t) = 0$$

$$l_{t+1} : -\lambda_t p_t^l + \lambda_{t+1} p_{t+1}^l + \mu_{t+1} H_l(s_t, l_t) = 0$$

$$h_t : \beta^t u_h(c_t, h_t) - \mu_t = 0$$

$$c_t : \beta^t u_c(c_t, h_t) - \lambda_t = 0$$

$$n_t : \beta^t \gamma v_c(n_t) + \lambda_t w_t = 0$$

$$R_{t+1} = \frac{u_h(c_{t+1}, h_{t+1})}{u_c(c_{t+1}, h_{t+1})} = \frac{\mu_{t+1}}{\lambda_{t+1}}$$

由 s_{t+1} 的一阶条件可得

$$\frac{\lambda_t}{\lambda_{t+1}} = \frac{1}{p_t^s} \{p_{t+1}^s (1 - \delta_s) + \frac{\mu_{t+1}}{\lambda_{t+1}} H_s(s_{t+1}, l_{t+1})\}$$

$$r_{t+1}^k + (1 - \delta_k) = \frac{1}{p_t^s} \{p_{t+1}^s (1 - \delta_s) + R_{t+1} H_s(s_{t+1}, l_{t+1})\}$$

由 l_{t+1} 的一阶条件可得

$$\frac{\lambda_t}{\lambda_{t+1}} = \frac{1}{p_t^l} \{p_{t+1}^l + \frac{\mu_{t+1}}{\lambda_{t+1}} H_l(s_{t+1}, l_{t+1})\}$$

$$r_{t+1}^k + (1 - \delta_k) = \frac{1}{p_t^l} \{p_{t+1}^l + R_{t+1} H_l(s_{t+1}, l_{t+1})\}$$

即证。