### 《消费升级影响绿色全要素生产率的效果与机制研究》补充材料

[一、理论模型（P21-脚注1） 1](#_Toc215471010)

[二、各种能源利用类型的碳排放描述性统计（P24-脚注2） 4](#_Toc215471011)

[三、稳健性检验（P27-脚注1） 4](#_Toc215471012)

[四、平行趋势与安慰剂检验结果（P27-脚注2） 5](#_Toc215471013)

#### 一、理论模型（P21-脚注1）

**（一）家庭部门**

假定效用函数为跨期固定替代函数，为个人消费商品时的效用函数，为贴现率，、为拉格朗日乘子，现值汉密尔顿函数为：

（1）

（2）

（3）

（2）、（3）式分别为和积累方程，均衡时有=0和，稳定状态时和，横截条件为和，解汉密尔顿函数一阶条件化简可得均衡条件:

（4）

（5）

（6）

（7）

（8）

（9）

（10）

由（5）和（10）可得、和，进一步可解得 、 。为求得显性表达式，令、，其中，对时间配置方程全微分可知，利用（7）和（8）可解出和，由此得到与的微分方程，积分可得，令为参数集，。为初始人力资本存量。为便于分析，不妨设0，不失一般性，因此有：

（11）

**（二）生产部门**

地域生产综合体追求绿色产出最大化，绿色生产函数为，其中、、、为绿色产出、劳动数量、人均人力资本和物质资本，、为外生参数且，有约束的绿色产出最大化为：

（12）

（13）

（13）式为约束条件，其中为即期物质资本存量，为扣除折旧后的期物质资本，为政府总支出，为财政生产性支出，为“撬动”社会投资能力。联合（11）式，对（12）和（13）式中和求导，整理可得均衡条件为：

（14）

将（14）代入（12），可得最大化绿色生产函数为：

（15）

**（三）均衡分析**

1.消费升级与人力资本投资一致性分析

为看清这一点，将、代入时间配置方程后对和微分，令参数集，整理后可知：

（16）

式（16）表明，当时，，此时与工业品消费处于均衡状态。若上升则，表示对的边际贡献上升，上升意味着即期消费增长，迫使家庭增加，但只决定工资沿工资曲线移动，并不能完全缓解上升对收入的压力，因此家庭更愿意增加用于时间配置，通过工资曲线上移的方式增加，于是上升时家庭最优决策是提高。

提高将促进服务消费增长。为看清这一点，由时间配置方程可解得：

（17）

式（17）中表示家务时间若用于学习康养可积累得到的，为对的弹性且为常量，为城市便利性函数，显然可视为转换因子将转换而来的结果，若越强则转换效率越高，对求导可知，表示引致对的影响，表示包含生活服务等便利性因素引致对的影响，由定义可知是和的凸函数，因而，故。显然，与、密切相关，增长表明生活服务业社会化促进家务外包，增加了可用于积累的时间，而增长则提高了公共服务对的边际贡献。因此，增长促进生活服务和公共服务消费增长。

2.经济服务化效应

可视为单位人力资本的工业品消费，因此总需求为。由（9）和（11）可知，则工业品市场均衡为。不妨设，其中为服务消费比率，衡量了服务导向的消费升级，令为参数集，整理可得：

（18）

式（18）表明工业品市场均衡时消费升级与非期望产出、绿色全要素生产率的关系。注意到，当不变时取决于，而与密切相关，增长意味着服务消费增加且工业品消费下降，由于工业部门非期望产出高且服务部门低，因此随增长而下降，表现为消费升级促进了GTFP。

模型以表示代表性居民服务消费支出比例，若其他消费者与之相同，则衡量了全体居民的服务消费支出比例，即为经济服务化水平，因此（18）式也刻画了经济服务化对GTFP的贡献，取对数后对、和微分，注意到当不变时取决于对应的产业部门，不妨设，则有：

（19）

式（19）中表示消费升级引起要素在工业和服务部门配置变动的影响，若服务部门高增长，则要素配置有利于改善生产率。表示服务消费对非期望产出的影响，其中为对的弹性，由于服务部门非期望产出较低，增长时则消费支出由工业品转移到服务，因此随增长而下降，故且（19）式中取绝对值。

3.人力资本投资效应

注意到服务消费影响人力资本积累，因而消费升级影响人力资本积累，不妨设是函数，对均衡条件（18）取对数且对、和微分，可知：

（20）

式（20）中表示消费升级的人力资本功能对的影响。进一步对和的时间求导，令为增长率，且令且，即消费升级对人力资本的弹性，由此可得：

（21）

式（21）表明消费升级不仅通过提高，还通过提高了，若仅关注的影响则有，显然，因而消费升级通过人力资本投资促进了GTFP，由此可得：

4.绿色创新促进效应

经济服务化机制将GTFP增长解释为低期望产出部门替代高期望产出部门，解释力仍存在明显不足：服务部门占比提升意味着服务部门成为非期望产出的主要来源，如果不能降低服务部门非期望产出，那么经济服务化引起的GTFP增长也将停滞。这一结论难以令人满意，因而有必要为GTFP增长的来源提供内生性解释。注意到消费升级具有人力资本投资功能，而人力资本是技术进步来源（Lucas，1988），因此可视为绿色创新的投入，不妨设，则有：

（22）

式（22）将消费升级对GTFP影响区分为四个途径：一是，反映消费结构引起要素配置；二是表示消费升级的人力资本投资效应；三是衡量的经济服务化效应，四是表示绿色创新效应，由定义可知，故（22）式中取绝对值。由此可知消费升级促进GTFP的绿色技术进步效应：

#### 二、各种能源利用类型的碳排放描述性统计（P24-脚注2）

**表1部门碳排放描述性统计（万吨）**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 变量 | 样本 | 均值 | 标准差 | 最大值 | 最小值 |
| 热碳排放 | 5040 | 59.96 | 164.69 | 2400.71 | 0 |
| 天然气碳排放 | 5040 | 72.44 | 264.36 | 4305.15 | 0 |
| 石油液化天然气碳排放 | 5040 | 10.24 | 31.65 | 470.34 | 0 |
| 电碳排放 | 5040 | 817.52 | 1000.83 | 10100.00 | 0.09 |
| 客交通碳排放 | 5040 | 20.9 | 26.78 | 634.00 | 0.12 |
| 货交通碳排放 | 5040 | 368.85 | 713.36 | 11600.00 | 0.36 |
| 碳排放总量 | 5040 | 1349.92 | 1650.45 | 17700.00 | 35.99 |

#### 三、稳健性检验（P27-脚注1）

表2第1列被解释变量为基于能源利用类型碳排放估计的绿色全要素生产率STFP，第2列使用工业绿色全要素生产率（MTFP）作为被解释变量，第3列使用消费层次升级（COMU）作为核心解释变量，第4列以2013-2022年样本进行估计，第5列剔除了省部级以上城市，估计显示核心解释变量系数符号仍然显著为正，验证了基准回归的可靠性。

**表2稳健性检验结果**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 变量 | STFP | MTFP | COMU | 2013-2022 |
| （1） | （2） | （3） | （4） |
| *UPGR* | 0.0352\*\*\* | 0.0380\*\*\* | 0.0197\*\* | 0.0541\*\*\* |
|  | (2.8362) | (2.6664) | (2.3558) | (3.0437) |
| *GOVC* | -0.0103\* | -0.0170\* | -0.0157\*\*\* | -0.0180\* |
|  | (-1.7303) | (-1.8766) | (-3.0033) | (-1.7516) |
| *WORD* | 0.0078\*\*\* | 0.0114\*\*\* | 0.0063\*\* | 0.0094\*\* |
|  | (2.9154) | (2.9603) | (2.4416) | (2.5597) |
| *RDEX* | 0.0090\*\*\* | 0.0045 | 0.0051\*\*\* | 0.0157\*\*\* |
|  | (3.9971) | (1.3465) | (2.9774) | (5.8960) |
| *OPEN* | -0.0053\*\* | -0.0075\*\* | -0.0021 | -0.0035 |
|  | (-2.1611) | (-2.5595) | (-0.8473) | (-0.7974) |
| *CLUS* | -0.0884\*\*\* | 0.0094 | -0.0699\*\*\* | -0.1628\*\*\* |
|  | (-4.3264) | (0.4695) | (-4.1266) | (-4.0993) |
| 常数 | 6.4217\*\*\* | 7.4174\*\*\* | 6.5221\*\*\* | 7.2257\*\*\* |
|  | (35.2693) | (39.4976) | (40.1923) | (19.7286) |
| 样本量 | 4760 | 4760 | 4760 | 2800 |
| *R*2 | 0.3126 | 0.1904 | 0.3314 | 0.2535 |

#### 四、平行趋势与安慰剂检验结果（P27-脚注2）

表4第1列显示DID系数显著为负，由于中美贸易战可视为降低收入预期、阻碍消费结构升级的负向冲击，因而系数为负意味着消费降级不利于GTFP，反之消费升级则促进了GTFP。图2a报告了平行趋势检验，以冲击前的2017年为基期，处理前系数所在95%的置信区间均包含零值，表明数据符合平行趋势要求，且5期处理效应均显著为负。图2b报告了随机抽取300次伪处理单元的安慰剂效应核密度分布，处理效应与安慰剂效应分布差异显著，表明可排除其他冲击的影响。因此差分检验支持基准回归结果。



图 平行趋势与安慰剂检验