

农业生态治理能否改善农业增长中的生态尾效

——引入水土资源质量约束的中国农业内生增长模型

刘乃邴

经济学博二 中国农业大学

国际经济、农业经济、宏观经济、数量金融

lewnysh@126.com, nashlew@cau.edu.cn

北京农业经济学会2015学术年会

二零一五年十二月五日

目录

- I. 研究问题
- II. 文献评述
- III. 理论逻辑
- IV. 实证检验
- V. 结论与展望

I. 研究问题

现实问题（一）

- **我国农业面临严重资源约束**
 - 中国人均水土资源均远低于世界平均水平；
 - 自然资源约束对粮食安全与农业经济增长具有重要影响。
- **现实问题**
 - 如果解决自然资源约束？
 - 自然资源约束依赖于农业生态环境可持续发展能力的改善。

现实问题（二）

- 2015年一号文件：稳增长、转方式、调结构；“必须尽快从主要追求产量和依赖资源消耗的粗放经营转到数量质量效益并重、注重可持续的集约发展上来，走资源节约、环境友好的现代农业发展道路”。
- **现实问题**：资源节约、环境友好的现代农业可持续发展道路，怎么走？“加强农业生态治理”列为“加快转变农业发展方式”中的一个单独的重要任务。
- 习近平总书记：要像保护眼睛一样保护生态环境，像对待生命一样对待生态环境。
- 韩长斌部长：要建设生态循环农业放在大力推进农业现代化、加快转变农业发展方式的突出位置，走上可持续发展之路。

现实问题（三）

● 农业生态环境如何改善（治理）

- 两种途径：自然生态修复、人为干预
- 人为干预似乎显得更为重要：

其一，水土资源数量的扩张依然重要（植树造林、水土流失综合治理、推广节水作物与种植技术等）；

其二，数量扩张并不会在短时期内取得成效，提升土壤肥力与水资源质量同样重要（土地涵养、耕种模式选择、水肥技术、循环农业等）；

其三，水土资源质量的提升，其自然生态修复过程较为缓慢，在短期内近似受到经济活动与人为干预的治理行为决定。

科学问题（一）

● 农业生态环境约束

- 农业生态环境对农业增长而言是一种可再生自然资源。
- 它对农业增长的约束不仅取决于数量有限性约束，也体现在质量约束上。

● 既往研究局限性

- 既往研究包含两个方面：一个是讨论自然资源的数量有限约束对经济增长带来的尾效，另一个是讨论环境的外部性影响。
- 前者并没有考虑到自然资源质量对经济增长的约束，而后者则没有在增长模型中表述生态治理如何影响长期增长的机制，而仅仅将生态治理看作外部性成本，这种理解是有偏的。

科学问题（二）

- 研究问题

- 人为干预有意义吗？

- 学术问题

- 通过创新一个引入了水土资源质量约束的内生增长模型，来诠释生态资源数量与质量共同影响长期增长的机制，以及检验人为干预能否改善资源约束的增长尾效。

II. 文献评述

研究起源

- 资源约束对经济增长的制约
- 马尔萨斯（1798），人口增速几何级数，自然资源算术级数，全球饥饿战争疾病。李嘉图（1829）农业受土地约束呈现边际报酬递减，传递至二三产业引起增长停滞。
- 1970s石油危机爆发，资源约束与环境问题得到更多重视。Mishan（1977）认为不可再生资源枯竭与环境污染负外部性，经济增长边际潜力下降。
- Nordhaus（1992）改进了其老师Solow的新古典增长模型，加入了资源约束项，发现资源约束对均衡增长水平有削减作用。
- Romer（2001）将这个削减作用命名为Growth Drag（增长阻尼、阻力、尾效）。

尾效的测算 (一)

- Nordhaus (1992)

- $Y(t) = K(t)^\alpha R(t)^\beta T(t)^\gamma [A(t)L(t)]^{1-\alpha-\beta-\gamma}$

- $\frac{\dot{L}(t)}{L(t)} = n$, $\frac{\dot{A}(t)}{A(t)} = g$, $\frac{\dot{R}(t)}{R(t)} = -b$, $n, g, b > 0$ 且 $\frac{\dot{T}(t)}{T(t)} = 0$, 得到

$$g_Y(t) = \frac{(1-\alpha-\beta-\gamma)(n+g)-\beta b}{1-\alpha}$$

- Solow尾效: $\overline{g_Y(t)} = \overline{g_K(t)} = n + g$, $\overline{\text{Drag}} = \overline{g_Y(t)} - g_Y(t) =$

$$\frac{(\beta+\gamma)(n+g)+\beta b}{1-\alpha} > 0$$

- Nordhaus尾效: $\frac{\dot{T}(t)}{T(t)} = n$ 时, $\overline{\overline{\text{Drag}}} = \overline{\overline{g_Y(t)}} - g_Y(t) = \frac{(\beta+\gamma)n+\beta b}{1-\alpha} > 0$

尾效的测算（二）

- 包含水土资源数量约束的尾效

- 仅含土地约束，薛俊波等（2004），有约束为 $\dot{T}(t) = 0$ ，无约束为

$$\dot{T}(t) = nT(t), \text{ Drag} = \frac{\gamma n}{1-\alpha}$$

- 仅含水约束，谢书玲等（2005），有约束 $\dot{W}(t) = 0$ ，无约束

$$\dot{W}(t) = nW(t), \text{ Drag} = \frac{\beta n}{1-\alpha}$$

- 同时包含水土资源约束，杨杨等（2007），同时设定如上两则假定

$$\text{Drag}_T = \frac{\gamma(n-b)}{1-\alpha}, \text{ Drag}_W = \frac{\beta(n-a)}{1-\alpha}$$

但是仍然仅仅只包含了可再生自然资源的数量约束。

尾效的测算（三）

- 生产函数的多样化
- 柯布道格拉斯函数，替代弹性为1，不近现实。
- 杨杨等（2010）采用改进的二级CES生产函数（Sato, 1967）。
- C-D、CES均为希克斯中性，可采用超越对数函数或随机前沿函数克服，但存在多重共线性及估计方法复杂（孙雪莲、邓峰，2013）。
- 测算的精度，在宏观研究范畴下意义并不显著，但是测算结果的指向性以及问题本身的代表意义是显著的，因此在生产函数的选择上没有最佳选择。

尾效的改善

- 马歇尔（1981），存在技术进步与资源替代寻求，进而保持增长。
- Dasgupta and Heal（1979）利用新古典Ramsey对不可再生资源的跨期开采进行了最优化研究，认为技术持续进步下，可以实现最优开采，以确保技术进步找到资源替代，使得人均消费与产出持续增长。
- Schou（2000），Grimaud and Rouge（2003）通过将资源约束与环境污染作为技术投入的内生增长机制，认为资源对研发投入可以实现可持续的技术进步。
- 罗浩（2007），资源约束是逐渐发生作用的，在此期间会促使产业转移（区域、工艺、技术）发生，以转向资源丰裕地区，以及自发将劳动和资本投入资源节约与替代研究中，进而实现可持续增长。
- 技术进步寻找到农业需要土地和水的替代，仍然无法在短期内实现。

农业污染的影响

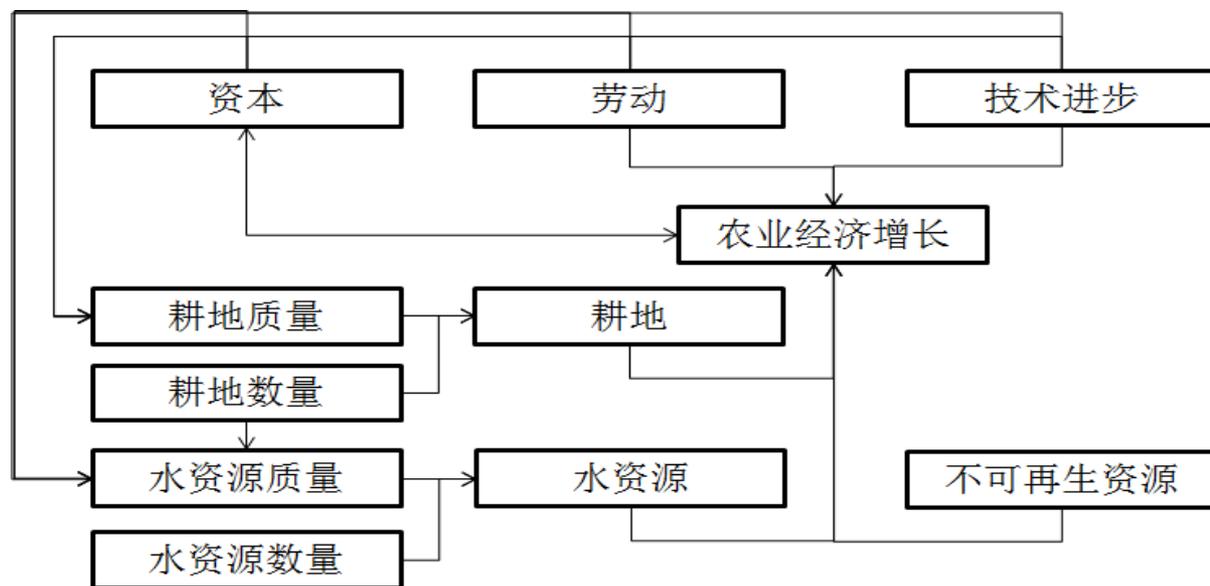
- 对于农业污染对农业增长的影响，国内学者大多从农业污染对农业全要素生产率的影响角度展开研究：
- 比如把农业生产造成的环境污染估值和治理费用看作额外成本投入，通过增长核算法来分析纳入环境污染的农业生产率（薛建良、李秉龙，2011）；
- 或者将污染看作非合意额外产出利用方向性函数进行分析（杨俊、陈怡，2011）（岳立、王晓君，2013）（潘丹、孔凡斌，2013）。

● 既往研究的局限性

- 其一，只纳入了自然资源数量约束，没有考虑质量约束。而这对于农业经济增长不可忽视。
- 其二，尽管相关研究考虑了农业生产带来的环境污染对农业长期增长绩效的影响，但普遍仅考虑了环境污染对农业增长的负外部性，而没有反过来考虑农业污染治理行为对农业长期增长带来的正影响，仅仅从当年的污染估值来讨论对农业增长的削减程度具有较高的主观性，并不能反过来证明污染治理是否有助于提高农业生产率，也不能诠释农业生态改善如何影响农业增长的机制。
- 解决两点局限性即是本文的两点边际创新

III.理论逻辑

理论框架



$$Y(t) = [(1 - a_{KQ} - a_{KZ})K(t)]^\alpha R(t)^\beta [Q(t)(1 - a_{TQ} - a_{TZ})T(t)]^\gamma [Z(t)(1 - a_T)W(t)]^\delta [A(t)(1 - a_{LQ} - a_{LZ})L(t)]^{1-\alpha-\beta-\gamma-\delta}; \quad (3.1)$$

$$\dot{Q}(t) = B[a_{KQ}K(t)]^{\theta_1} [a_{TQ}T(t)]^{\theta_2} [a_{LQ}L(t)]^{\theta_3} Q(t)^{\theta_4} \left[\frac{\dot{A}(t)}{A(t)} \right]^{\theta_5}, \quad \theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4, \theta_5 > 0; \quad (3.2)$$

$$\dot{Z}(t) = C[a_{KZ}K(t)]^{\varphi_1} [a_{TZ}T(t)]^{\varphi_2} [a_{LZ}L(t)]^{\varphi_3} Z(t)^{\varphi_4} \left[\frac{\dot{A}(t)}{A(t)} \right]^{\varphi_5}, \quad \varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4, \varphi_5 > 0; \quad (3.3)$$

两点近似处理

- 并未考虑水土资源质量改善的自然修复过程，而近似假定水土资源质量全部由人为干预内生决定。
- 并未考虑水土资源数量的内生性，事实上，耕地和水资源的数量约束在长期当中也具有一定内生性。

模型推导结论一

- 约束假设

- $g_A(t) = g, g_L(t) = n, g_R(t) = -b, g_T(t) = 0, g_W(t) = 0, g, n, b > 0$

- 推导结论一：加入水土资源质量约束

$$\Delta g_Y(t) = \frac{\gamma}{1-\alpha} g_Q(t) + \frac{\delta}{1-\alpha} g_Z(t), \quad \frac{\gamma}{1-\alpha}, \frac{\delta}{1-\alpha} > 0$$

$g_Q(t), g_Z(t) > 0$ 时, $g_Y(t) > \widetilde{g_Y(t)}$, 且 $g_Y(t)$ 与 $g_Q(t), g_Z(t)$ 均具有正相关关系

模型推导结论二

- 推导结论二：引入水土资源质量约束的内生性后，长期均衡产出增长水平，由以下方程组决定：

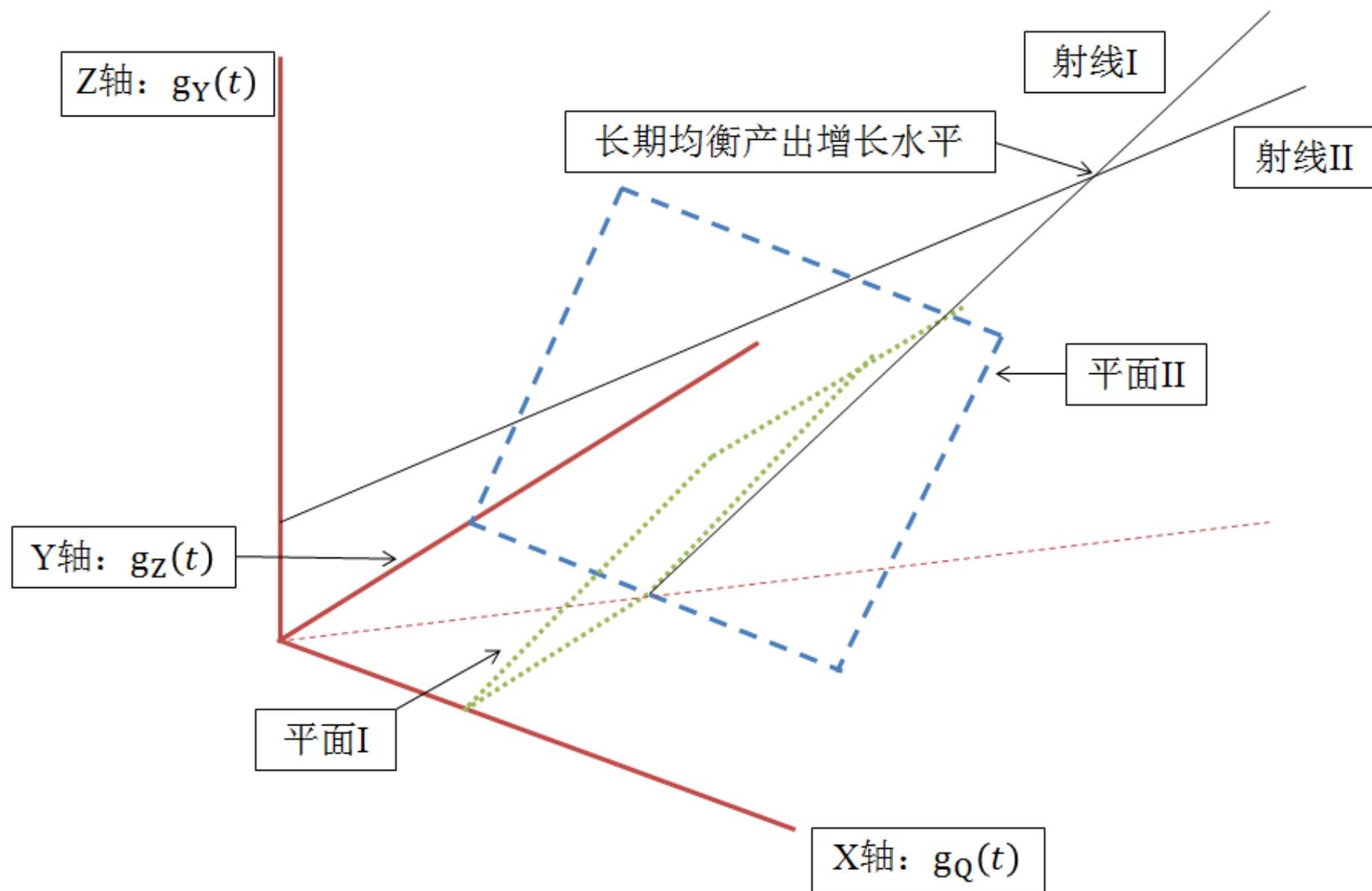
$$\left\{ \begin{array}{l} g_Y(t) = \frac{\gamma}{1-\alpha} g_Q(t) + \frac{\delta}{1-\alpha} g_Z(t) + \frac{(1-\alpha-\beta-\gamma-\delta)(n+g) - \beta b}{1-\alpha}; \text{ 射线} \\ g_Y(t) = \frac{1-\theta_4}{\theta_1} g_Q(t) - \theta_3 n, \quad \frac{1-\theta_4}{\theta_1} > 0; \text{ 平面I} \\ g_Y(t) = \frac{1-\varphi_4}{\varphi_1} g_Z(t) - \varphi_3 n, \quad \frac{1-\varphi_4}{\varphi_1} > 0; \text{ 平面II} \end{array} \right.$$

- 长期均衡产出增长水平改善：

$$g_Y(t) - \widetilde{g_Y(t)} = \frac{\frac{\gamma}{1-\alpha} \cdot \frac{\theta_1}{1-\theta_4} \theta_3 n + \frac{\delta}{1-\alpha} \cdot \frac{\varphi_1}{1-\varphi_4} \varphi_3 n}{1 - \frac{\gamma}{1-\alpha} \cdot \frac{\theta_1}{1-\theta_4} - \frac{\delta}{1-\alpha} \cdot \frac{\varphi_1}{1-\varphi_4}} + \frac{\frac{\gamma}{1-\alpha} \cdot \frac{\theta_1}{1-\theta_4} + \frac{\delta}{1-\alpha} \cdot \frac{\varphi_1}{1-\varphi_4}}{1 - \frac{\gamma}{1-\alpha} \cdot \frac{\theta_1}{1-\theta_4} - \frac{\delta}{1-\alpha} \cdot \frac{\varphi_1}{1-\varphi_4}} \widetilde{g_Y(t)}$$

- 或者改写为： $\Delta g_Y(t) = g_Y(t) - \widetilde{g_Y(t)} = \beta_0 + \beta_1 \widetilde{g_Y(t)}$
- 或者： $\Delta g_Y(t) = \beta_0(\theta, \varphi) + \beta_1(\theta, \varphi) F(K, L, A)$

模型推导结论二

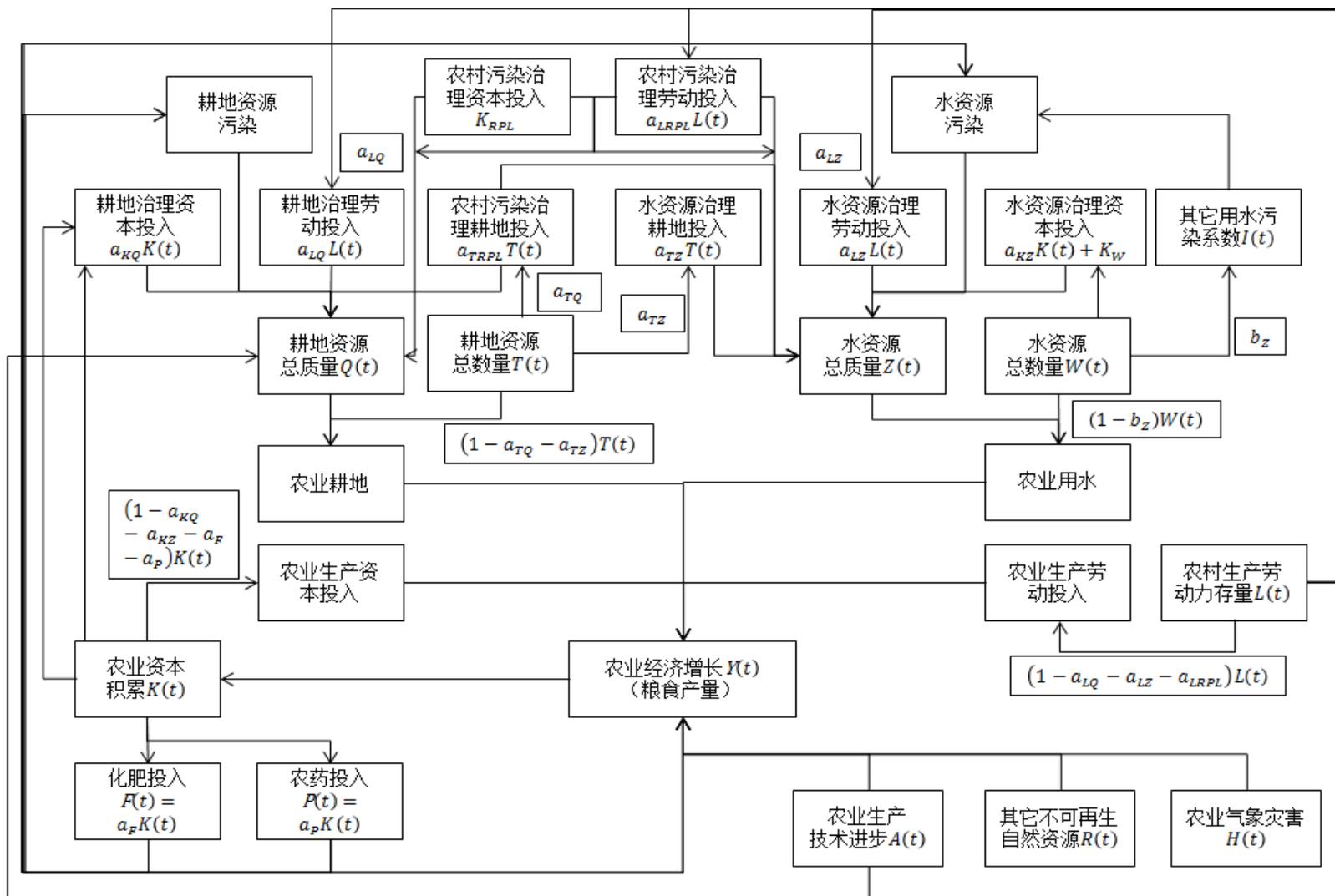


模型推导结论二

- 同时考虑水土资源数量外生约束与质量内生约束的增长模型，要比仅仅只考虑水土资源数量约束的增长模型，可以获得更高的长期均衡产出增长水平。
- $\beta_0, \beta_1 > 0$ 决定了 $\Delta g_Y(t) > 0$ ，这代表着只要这种人为干预不停地持续下去，或者说对水土资源治理的投入是持续的，且足以抵消当年农业生产对水土资源质量的破坏，就可以使得农业的长期均衡产出增长水平不断提升。
- 农业生态治理能够改善农业增长中的生态尾效。

IV. 实证检验

中国农业内生增长模型的逻辑框架



引入水土资源数量外生约束与质量内生约束的中国农业内生增长模型的逻辑框架

中国农业内生增长模型的系统方程组

$$Y(t) = [(1 - a_{KQ} - a_{KZ} - a_F - a_P)K(t)]^{\alpha_1} R(t)^{\alpha_2} [Q(t)(1 - a_{TRPL} - a_{TZ})T(t)]^{\alpha_3} \times [Z(t)(1 - b_Z)W(t)]^{\alpha_4} [1 + F(t)^{\alpha_5} + P(t)^{\alpha_6}] [1 - H(t)]^{\alpha_7} \times [A(t)(1 - a_{LQ} - a_{LZ} - a_{LRPL})L(t)]^{1 - \alpha_1 - \alpha_2 - \alpha_3 - \alpha_4 - \alpha_5 - \alpha_6 - \alpha_7}; \quad (4.1)$$

$$\dot{Q}(t) = B [a_{KQ}K(t)]^{\theta_1} [a_{LQ}L(t)]^{\theta_2} Q(t)^{\theta_3} + K_{RPL}(t)^{\theta_4} [a_{TRPL}T(t)]^{\theta_5} [a_{LRPL}L(t)]^{\theta_6} Q(t)^{\theta_3} + \left[\frac{\dot{A}(t)}{A(t)} \right]^{\theta_7} Q(t)^{\theta_3} - F(t)^{\theta_8} (1 - a_{TRPL} - a_{TZ}) Q(t)^{\theta_3} - P(t)^{\theta_9} (1 - a_{TRPL} - a_{TZ}) Q(t)^{\theta_3}; \quad (4.2)$$

$$\dot{Z}(t) = C [a_{KZ}K(t) + K_W(t)]^{\varphi_1} [a_{TZ}T(t)]^{\varphi_2} [a_{LZ}L(t)]^{\varphi_3} Z(t)^{\varphi_4} + K_{RPL}(t)^{\varphi_5} [a_{TRPL}T(t)]^{\varphi_6} [a_{LRPL}L(t)]^{\varphi_7} Z(t)^{\varphi_4} - I(t)^{\varphi_8} b_Z Z(t)^{\varphi_4} - F(t)^{\varphi_9} (1 - b_Z) Z(t)^{\varphi_4} - P(t)^{\varphi_{10}} (1 - b_Z) Z(t)^{\varphi_4}; \quad (4.3)$$

$$F(t) = a_F K(t), \quad P(t) = a_P K(t); \quad (4.4)$$

引入水土资源数量外生约束与质量内生约束的中国农业内生增长模型的系统方程组

实证模型变换准备

$$g_Y(t) = \{\alpha_0 + \alpha_1 g_{K_Y}(t) + \alpha_3 [g_Q(t) + g_T(t)] + \alpha_4 [g_Z(t) + g_W(t)] + \alpha_5 g_F(t) + \alpha_6 g_P(t) + \alpha_7 g_H(t) + \alpha_8 [g_A(t) + g_L(t)]\}; \quad (4.5)$$

$$\frac{g_Q(t)}{g_Q(t)} = \theta_0 + \theta_1 g_{K_Q}(t) + \theta_4 g_{K_{RPL}}(t) + \theta_7 \frac{g_A(t)}{g_A(t)} - \theta_8 g_F(t) - \theta_9 g_P(t) + (\theta_3 - 1)g_Q(t); \quad (4.6)$$

$$\frac{g_Z(t)}{g_Z(t)} = \theta_0 + \theta_1 g_{K_Z}(t) + \theta_4 g_{K_{RPL}}(t) - \varphi_8 g_I(t) - \varphi_9 g_F(t) - \varphi_{10} g_P(t) + (\varphi_4 - 1)g_Z(t); \quad (4.7)$$

- 转换为增长率形式的线性方程组，有三个优点：
- 其一，更便于进行回归估计，显然该联立方程可以识别，采取三阶段最小二乘法（3SLS）进行估计；
 - 其二，更便于使用中国的统计数据，增长率形式可以改写为年度样本值的离散表达形式；
 - 其三，可以直接改善时间序列的非平稳性偏误。

变量准备

Y 农作物总产值（稳健性工具变量：粮食总产量）	KY* 种植业生产的资本投入，使用工具变量：农村居民家庭农业生产固定资产	L* 种植业生产的劳动力投入，使用工具变量：第一产业就业人数
A* 种植业生产的技术水平，使用工具变量=农业机械总动力/农作物总播种面积	T 农作物种植面积（稳健性工具变量：粮食种植面积）	Q 全国耕地平均质量等别，使用工具变量：全国薯类单产
W 农业用水量（亿立方米）	Z* 水资源质量，使用工具变量：全国水域 I、II 类水质占比	I* 非种植业用水污染系数，使用工具变量=全国废水排放/农业用水总量
F 农用化肥施用量（万吨）	P 农药使用量（万吨）	H* 气象灾害指数=受灾面积/农作物种植面积
KZ 全国废水处理投入资金	KQ* 耕地资源治理的投入，使用工具变量：水土流失治理面积	KRPL 环境污染处理投入资金（稳健性工具变量：生活污染处理比率）

实证结论（一）

表 2 3SLS 联立方程估计结果[↵]

Y1 [↵]	KY [↵]	LA [↵]	T1Q [↵]	WZ [↵]	F [↵]	P [↵]	H [↵]	_cons [↵]
相关系数 [↵]	0.311* [↵]	-0.608* [↵]	0.410* [↵]	0.205* [↵]	2.651** [↵]	-0.232 ^Δ [↵]	0.0252 [↵]	0.0112 [↵]
* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$, ※ $p = 0.095$, ☆ $p = 0.093$, Δ $p = 0.064$ [↵]								

表 3 稳健性检验估计结果[↵]

Y2 [↵]	KY [↵]	LA [↵]	T2Q [↵]	WZ [↵]	F [↵]	P [↵]	H [↵]	_cons [↵]
相关系数 [↵]	0.215* [↵]	-0.873*** [↵]	0.383* [↵]	0.123* [↵]	2.936*** [↵]	-0.272** [↵]	-0.0281 [↵]	0.0171 [↵]
* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$, ※ $p = 0.067$ [↵]								

1. 资本投入增长1%，农作物产量增长0.2%~0.3%
2. 化肥投入量增长1%，农作物产量增长2.6%~2.9%
3. 农药投入在中国对农业增长并不具有显著促进作用，在粮食生产中反而出现显著的负相关现象，农药施用量增加1%，粮食减产0.27%，农药残留的外部性超过了其正面效果

实证结论（二）

4. 有效劳动增长，与农作物产量及粮食产量具有显著负相关性。对于这一异常现象，我们认为跟有效劳动使用哈罗德中性加入生产函数有关。在模型设定的生产函数中，有效劳动增长等于技术进步乘以劳动力投入，事实上，从1996~2014年，农村第一产业劳动力投入年均减少2.25%，以机械化水平代表的技术进步率达到了5.37%，因而两者之和使得有效劳动增长成为了正值。然而事实上，在考虑人力资本以及土地规模的影响下，种植业全要素生产率正在呈现逐年下降甚至放缓的趋势。因此LA变量对应的相关系数为负值，恰好证明了以机械化水平提升为代表的技术进步，并不能力挽狂澜有效解决中国小农经济、土地规模经营约束严重的农业生产国情。

实证结论（二）

5. 水土资源质量改善可以有效缓解农业增长中水土资源尾效，或者说，水土资源涵养治理可以有效提升农业长期均衡产出增长水平。
 - a. 当耕地资源质量每提升1%，农作物产量与粮食产量可以提升0.38%~0.41%，相对于耕地资源数量不变约束的长期均衡产出增长水平，耕地资源的增长尾效可以改善0.595%；
 - b. 当农业用水质量每提升1%，农作物产量与粮食产量可以提升0.12%~0.20%，相对于农业用水数量不变约束的长期均衡产出增长水平，水资源的生长尾效可以改善0.346%；
 - c. 此外，以2014年的产出与生态治理投入数据来看，1%水土资源质量提升所需的生态治理成本（约等于8.6亿元人民币），远远低于长期产出增长0.5%（0.38%+0.12%）的收益（约等于27.4亿元人民币）。或者说，尽管将生态治理置之不顾可以节省短期治理成本，但节省收益远远低于长期增长水平下降的损失。

V. 结论与展望

研究结论

● 本文具有两个层面的研究结论

- A. 引入了资源质量约束的内生增长模型，显示对资源质量维护的人为干预与改良，可以有效缓解农业增长的尾效。这对于保持农业所需可再生资源的可持续发展能力，为当前我国农业朝着“资源节约、环境友好”现代化农业发展的决策，提供了理论依据。
- B. 在中国水土资源已经由于多年农业粗放发展已遭受严重破坏的情况下，短期内改变水土资源的数量约束是不现实的，那么就需要更加重视对水土资源质量的改善。朝着“资源节约、环境友好”现代化农业发展，这两者是互为内生的，密不可分。加大农业生态的改善与治理投入，有利于农业长期均衡增长水平的提升。

研究展望（一）

- 本文存在三个方面需要完善的局限性：
 - A. 其一，数据样本仍不充分。当前数据选择仅使用了时序数据，无法有效地通过对照组与控制组来论证这一问题。由于资源质量对尾效的改善需要较长时间才能发挥出效果，如果选取较为微观的农户与县地数据，在未来一段时期内可能都难以得到满足；而如果选取省级面板数据或国际间的国家面板数据，气象地理等外生变量则难以控制。

研究展望（二）

B. 其二，没有纳入可行性研究。目前所采用的分析方法，加之缺少微观样本，并没有纳入基层部门的效用函数，因而不能判断这种水土涵养和综合治理的可行性，也不能讨论实际执行时可能存在的扭曲因素。提高水土涵养综合治理投入，尽管可以改善长期均衡增长水平，但需要增加不菲的当期支出。因而，基层部门会在这样一个悖论下，寻找适合于自身实情的一个最优治理水平，而如果在短期内水土涵养治理投入无法显现出长期效益的情况下，基层部门以及主责人可能受制于其工作计划与任期内的短期目标影响，从而选择忽略水土涵养治理的长期效益而避免短期支出增长。

研究展望（三）

- C. 其三，实证模型具有开放性。本文所采用的实证模型，具有一定程度的开放性：其一，我们没有考虑可能由于水土涵养治理，更优质的环境本身可能使得当地产出的农产品在市场更受欢迎，因而具有一定的“绿色”溢价，因而在本文中我们只考虑了资源质量对产出的影响，也并没有考虑对产品价格的影响；其二，我们假定了水土资源的数量投入与质量投入具有同样的弹性，显然这一点并不一定需要成立；其三，耕地资源质量由于缺少时序数据，工具变量的选取具有开放性。



谢谢！请大家多指正！
