

分类号 C8/419

密级 公开

U D C

编号 10741

兰州财经大学

LANZHOU UNIVERSITY OF FINANCE AND ECONOMICS

硕士学位论文

(专业学位)

论文题目 人口红利与人力资本红利模式转换对农业 TFP 的影响
——农业强国建设目标视角下国际比较与中国选择

研究生姓名: 杨 帅

指导教师姓名、职称: 马 蓉、教授

学科、专业名称: 统计学、应用统计

研究 方 向: 社会经济统计分析

提 交 日 期: 2024 年 6 月 3 日

独创性声明

本人声明所呈交的论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

学位论文作者签名： 杨帅 签字日期： 2024年6月3日

导师签名： 马蓉 签字日期： 2024年6月3日

导师(校外)签名： _____ 签字日期： _____

关于论文使用授权的说明

本人完全了解学校关于保留、使用学位论文的各项规定，同意（选择“同意”/“不同意”）以下事项：

1. 学校有权保留本论文的复印件和磁盘，允许论文被查阅和借阅，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文；

2. 学校有权将本人的学位论文提交至清华大学“中国学术期刊（光盘版）电子杂志社”用于出版和编入 CNKI《中国知识资源总库》或其他同类数据库，传播本学位论文的全部或部分内容。

学位论文作者签名： 杨帅 签字日期： 2024年6月3日

导师签名： 马蓉 签字日期： 2024年6月3日

导师(校外)签名： _____ 签字日期： _____

**The Impact of the Transition from
Demographic Dividend to Human Capital
Dividend Model on Agricultural TFP
: International Comparison and China's
Choice from the Perspective of the Goal of
Building an Agricultural Power**

Candidate: Yang Shuai

Supervisor: Ma Rong

摘 要

农业是中国经济的重要支柱，但农业大而不强的突出特点是我国首要深刻认识的问题。农业劳动生产率、土地产出率、资源利用率与全球主要农业强国相比仍然存在差距。要想振兴农业经济、提升农业 TFP，人才是根本。但我国老年人口比例持续增长、劳动年龄人口趋于下降，由此带来的人口红利优势逐渐减弱，同时随着高等教育毛入学率的上升和高校毕业生的快速增加，必然会推动我国人口红利向人力资本红利转变。由此可见，人口发展在加快建设农业强国的目标中具有重要作用。

基于此，本文以中国、印度、德国、美国为研究对象，进行国际对比分析人口红利与人力资本红利模式转换对农业 TFP 的影响。首先，运用增长核算框架测算农业 TFP，为了更科学的把握农业生产要素对农业发展的影响，运用 C-D 生产函数测算农业生产要素对农业产出增长的贡献；其次，以人口规模、人口年龄结构、总抚养比来分析四国的人口红利现状，以教育公共支出和平均受教育年限分析四国的人力资本现状，总结归纳人口红利与人力资本红利模式转换现状；最后，运用固定效应模型系统探究人口红利与人力资本红利模式转换对农业 TFP 的影响。

研究结果表明：（1）中国 1990-2020 年农业 TFP 比印度、德国、美国的增长速度快且呈直线上升趋势，中国农业饲料和农业机械的投入对农业产出增长贡献相对较高，印度、德国和美国分别是农业饲料、农业牲畜、农业土地对农业产出增长贡献最高；（2）中国人口红利未消失且教育水平正在实现跨越，印度在 2019 年进入人口红利且教育水平相对落后，德国人口红利在 2005 年消失且教育水平优越，美国人口红利在 2013 年消失且让教育水平保持高标准；（3）基于各国人口红利与人力资本红利模式转换对农业 TFP 的影响分析，全样本结果显示：人口红利对农业 TFP 有抑制作用，人力资本对农业 TFP 有显著促进作用，但人口红利优势的持续减弱使得人力资本对农业 TFP 的促进作用有所下降；单样本结果显示：德国和美国的模型结果与全样本结果分析一致，但中国人口红利持续减弱和印度刚步入人口红利期的原因使得中国和印度的人力资本对农业 TFP 的显著促进作用消失。最后，根据以上研究结论，本文从提高农业要素配置效率，优化人口结构，促进人口红利向人才红利转变、聚焦农业人力资本开发，加快农业科技创新等四方面提出建议。

关键词： 人口红利 人力资本红利 模式转换 农业全要素生产率

Abstract

Agriculture is an important pillar of China's economy, but the outstanding feature of agriculture is the most deeply recognized problem in China. There is still a gap between agricultural labor productivity, land output rate and resource utilization rate compared with the major agricultural powers in the world. In order to revitalize agricultural economy and enhance agricultural TFP, talent is fundamental. However, the proportion of the elderly population in China continues to increase and the working-age population tends to decline, which will gradually weaken the advantage of demographic dividend. At the same time, with the rise of gross enrollment ratio of higher education and the rapid increase of college graduates, it will inevitably promote the transformation of China's demographic dividend into human capital dividend. It can be seen that population development plays an important role in accelerating the goal of building an agricultural power.

Based on this, this thesis takes China, India, Germany and the United States as the research objects to conduct an international comparative analysis of the impact of demographic dividend and human capital dividend model conversion on agricultural TFP. Firstly, the growth accounting framework was used to measure agricultural TFP. In order to grasp the influence of agricultural production factors on agricultural

development more scientifically, the C-D production function was used to measure the contribution of agricultural production factors to agricultural output growth. Secondly, the demographic dividend status of the four countries is analyzed by population size, population age structure and total dependency ratio, and the human capital status of the four countries is analyzed by public expenditure on education and average years of schooling, and the mode transformation status of demographic dividend and human capital dividend is summarized. Finally, the fixed effect model system is used to explore the impact of demographic dividend and human capital dividend model conversion on agricultural TFP.

The results show that: (1) Compared with India, Germany and the United States, the growth rate of agricultural TFP in China from 1990 to 2020 is faster than that in India, Germany and the United States, the contribution of agricultural feed and agricultural machinery input to the growth of agricultural output is relatively high, and the contribution of agricultural feed, agricultural livestock and agricultural land to the growth of agricultural output is the highest in India, Germany and the United States. (2) China's demographic dividend has not disappeared and its education level is making strides, India entered the demographic dividend in 2019 and its education level is relatively backward, Germany's demographic dividend disappeared in 2005 and its education level is superior, and the United States' demographic dividend disappeared in 2013 and kept its

education level high; (3) Based on the analysis of the impact of demographic dividend and human capital dividend model conversion on agricultural TFP in various countries, the results of the full sample show that: demographic dividend has a inhibitory effect on agricultural TFP, and human capital has a significant promotion effect on agricultural TFP, but the continuous weakening of demographic dividend advantage makes the promotion effect of human capital on agricultural TFP decline. The single sample results show that the model results of Germany and the United States are consistent with the results of the full sample analysis, but the reason that China's demographic dividend continues to weaken and India has just entered the demographic dividend period makes the significant promoting effect of human capital on agricultural TFP in China and India disappear. Finally, according to the above research conclusions, this paper puts forward suggestions from four aspects: improving the allocation efficiency of agricultural factors, optimizing the population structure, promoting the transformation of demographic dividend to talent dividend, focusing on the development of agricultural human capital, and accelerating the innovation of agricultural science and technology.

Keywords: Demographic Dividend; Human Capital Dividend; Model Transformation; Agricultural Total Factor Productivity

目 录

1 引言	1
1.1 问题的提出	1
1.1.1 研究背景	1
1.1.2 研究目的	2
1.2 研究思路与研究内容	3
1.2.1 研究思路	3
1.2.2 研究内容	4
1.1.3 研究意义	6
1.3 研究方法	7
1.4 创新性工作	7
2 研究综述	9
2.1 农业全要素生产率的研究	9
2.1.1 农业全要素生产率的测算研究	9
2.1.2 农业全要素生产率的国际比较研究	10
2.1.3 农业生产要素对农业产出增长贡献的研究	10
2.2 人口红利与人力资本红利的研究	11
2.2.1 人口红利的研究	11
2.2.2 人力资本的研究	11
2.2.3 人口红利与人力资本红利模式转换的研究	12
2.3 人口红利、人力资本与农业 TFP 关系的研究	13
2.3.1 人力资本与农业 TFP 关系的研究	13
2.3.2 人口红利、人力资本与农业 TFP 关系的研究	13
2.4 文献述评	14
3 农业全要素生产率指数及生产要素贡献的测度	15
3.1 农业全要素生产率的定义	15
3.2 农业全要素生产率指数的测算方法	16

3.3 农业全要素生产率指数的测度结果及分析.....	19
3.3.1 数据来源及变量说明.....	19
3.3.2 农业大国的选择依据.....	20
3.3.3 农业产出指数的国际比较研究.....	21
3.3.4 农业投入指数的国际比较研究.....	22
3.3.5 农业全要素生产率指数的国际比较研究.....	23
3.4 农业生产要素贡献的测度结果及分析.....	24
3.4.1 C-D 生产函数测度方法.....	25
3.4.2 农业生产要素贡献的结果及分析.....	26
4 人口红利与人力资本红利模式转换分析.....	34
4.1 人口红利现状分析.....	34
4.1.1 人口规模现状分析.....	34
4.1.2 人口年龄结构现状分析.....	35
4.1.3 总人口抚养比现状分析.....	39
4.2 人力资本现状分析.....	40
4.2.1 教育公共支出现状分析.....	40
4.2.2 平均受教育年限现状分析.....	42
4.3 人口红利与人力资本红利模式转换分析.....	43
4.3.1 中国的模式转换分析.....	43
4.3.2 印度的模式转换分析.....	43
4.3.3 德国的模式转换分析.....	44
4.3.4 美国的转换模式分析.....	44
5 人口红利与人力资本红利模式转换对农业 TFP 的影响.....	46
5.1 模型设定.....	46
5.1.1 人口红利对农业 TFP 影响的模型设定.....	46
5.1.2 人力资本对农业 TFP 影响的模型设定.....	46
5.1.3 模式转换对农业 TFP 影响的模型设定.....	47
5.2 变量定义及说明.....	48
5.3 实证结果分析.....	49

5.3.1 人口红利对农业 TFP 影响的模型结果分析	50
5.3.2 人力资本对农业 TFP 影响的模型结果分析	51
5.3.3 模式转换对农业 TFP 影响的模型结果分析	53
5.4 稳健性检验	54
5.4.1 控制变量剔除法	54
5.4.2 变量替换法	56
6 结论与建议	57
6.1 研究结论	57
6.2 政策建议	59
参考文献	63
附录	68
致谢	74

1 引言

1.1 问题的提出

1.1.1 研究背景

农业是中国经济的重要支柱，但农业大而不强的突出特点是我国首要深刻认识的问题。党的二十大在擘画全面建成社会主义现代化强国宏伟蓝图时做出了战略部署：未来五年“三农”工作要全面推进乡村振兴，到 2035 年基本实现农业现代化，到本世纪中叶建成农业强国。由此可见，立足我国国情加快建设农业强国的目标已成为建设社会主义现代化强国的重要任务。

实现农业现代化是建设农业强国的基本要求。党的二十大报告指出中国要具备同国外农业竞争抗衡的能力，就必须大幅提高土地产出率、资源利用率和劳动生产率，使农业劳动生产率向世界平均水平靠近；丁亚东^①表示当前农业劳动生产率正是中国农业现代化最突出的短板，且它的提升主要依靠以生物化和机械化为表征的技术；虽然中国科技不断提升 2015-2020 年中国农业机械化水平从 63%提升到 71%，但发达国家农业机械化水平普遍高于 90%。因此为了实现农业强国，必然要提升农业技术创新能力，从而带动农业生物化和机械化水平的发展，这会促进农业土地产出率、资源利用率和劳动生产率的提升，以上实现农业强国的过程可由衡量农业绩效和生产力信息量最大的指标——农业全要素生产率（Agricultural Total Factor Productivity，简称农业 TFP）来表示。即实现农业强国，必须提升农业 TFP。

振兴农业经济，提升农业 TFP，人才是根本。新经济增长理论表示，技术进步和人力资本是推动 TFP 持续提高的两大重要动力。人力资本改善速度、储蓄率和资本回报率、资源重新配置效率进而劳动生产率和全要素生产率等，都因特定的人口结构特征对经济增长有利，因而成为人口红利的表现（Cai, 2019;

① 丁亚东是中国乡村发展基金会副秘书长、中欧校友。他在 2023 年 6 月 27 日的“破题农业农村现代化，推动乡村全面振兴”主题论坛上表明农业 TFP 对实现质量兴农的决定性作用。

Cai & Zhao, 2012)。人力资本是体现在人身上的资本，表现为蕴含于人身上的各种生产知识、劳动与管理技能以及健康素质的存量总和，可视为简单劳动的“倍乘”，能够有效弥补劳动力减少带来的劳动生产要素投入不足。同时，人力资本也是提高生产效率的关键因素，拥有大量知识储备和专业技能的人才是推动我国技术进步和研发创新的关键。据联合国数据显示，1950-2020 年间，全世界 65 岁及以上老年人口比例从 5.1% 增长到 9.4%，世界总和生育率（Total Fertility Rate, TFR）从 5.05 下降到 2.35，其中中国、印度、德国、美国分别下降了 4.53、3.68、0.57、1.29。而我国死亡率下降趋缓、生育率加快下滑、老年人口比例持续增长以及劳动年龄人口趋于下降，由此带来的人口红利优势逐渐减弱，与此同时随着高等教育毛入学率的上升和高校毕业生的快速增加，必然会推动我国人口红利向人力资本红利的转变。人口红利意味着在人力资本存量上具有显著的优势，农业人力资本会得到提升，这将有助于技术创新和推广，通过技术进步可以提高农业生产效率，从而提高农业 TFP。

1.1.2 研究目的

基于选题依据引出所要研究的问题：人口红利与人力资本红利模式转换下是否仅有人力资本对农业 TFP 产生影响？在人力资本对农业 TFP 影响的同时人口红利是否也会对农业 TFP 产生影响？人口红利是否单独对农业 TFP 产生影响？有学者认为忽视人口红利和人力资本分布趋同的叠加效应，容易造成人口红利贡献高估以及人力资本贡献低估，故将人口红利和人力资本共同纳入一致性框架检验其相互叠加效应对城市经济增长的影响（高春亮，2020）。故本文以此为鉴，结合人口红利与人力资本红利模式转换背景，研究上述所引出的三个问题。

要建设既有国外一般现代化农业强国的共同特征、又有中国自己国情特色的现代化农业强国，就要遵循农业现代化一般规律，还要立足我国国情，立足人多地少的资源禀赋、农耕文明的历史底蕴、人与自然和谐共生的时代要求，走中国自己的路，不简单照搬国外现代化农业强国模式。

建设农业强国必须全面提升农业 TFP，依据农业生产要素对农业产出增长的贡献研究以及人口红利与人力资本红利模式转换及其对农业 TFP 影响的研究，从农业科技创新、农业经营模式、要素资源配置的优化、人力资本投资等方面

为我国提供提升农业 TFP 的政策空间，不断提升我国在国际上的农业竞争力。

1.2 研究思路与研究内容

1.2.1 研究思路

在我国释放加快建设农业强国信号的背景下，如何提升我国的农业 TFP 是值得关注的课题。随着我国老年人口比例持续增长、劳动年龄人口趋于下降以及高等教育毛入学率的上升和高校毕业生的快速增加，必然会推动我国人口红利向人力资本红利的转变。面对此现状，深入认识人口红利与人力资本红利模式转换对农业 TFP 的影响和作用机制有重大理论和现实意义。基于以上研究动因，本文将重点围绕以下问题进行研究。

在理论方面：对于当前中国人口红利与人力资本红利模式转换要有深刻的认识，进一步探究人口红利与人力资本红利模式转换对农业 TFP 影响的结果和作用机制。该机制主要从三方面入手，一是在人口红利与人力资本红利模式转换背景下，由于人口结构的变化，使得人口抚养比缓慢降低，从而使得人力资本中的人口数量减少；二是人口抚养比的减少，个体教育和医疗卫生投入增加，从而人力资本存量中的人口质量得到提升；三是人口数量因素和人口质量因素的同时改变，会引起人力资本存量的变化，最终对农业 TFP 产生影响。

在实证方面：对比中国、印度、德国、美国的人口红利与人力资本红利模式转换对农业 TFP 影响及作用机制分析。在中国层面的分析：（1）依据美国农业部经济研究局报告的国际农业生产数据产品，研究分析中国农业 TFP 的趋势现状；农业 TFP 水平越高，表明农业发展对生产要素的依赖程度越低，农业发展的科技含量越高、可持续越强。（2）运用 C-D 生产函数分析农业生产要素对农业产出增长的贡献，更直观的了解中国农业发展对资源要素在哪些方面依赖程度更高，从而为提高农业 TFP 提供更具体的措施。（3）以人口规模、人口年龄结构和总人口抚养比来分析人口红利现状，从教育公共开支和平均受教育年限两个方面分析人力资本红利现状，总结人口红利与人力资本红利模式转换现状。（4）运用固定效应（Fixed Effect, FE）模型，研究人口红利与人力资本红利模式转换对农业 TFP 的影响机制，该作用机制主要有三条路径：人口红利

→农业 TFP 的实证分析、人力资本→农业 TFP 的实证分析、人口红利+人力资本→农业 TFP 的实证分析。本文旨在探讨中国人口红利与人力资本红利模式转换对农业 TFP 的影响及其作用机制，并提出相应的政策建议，为了避免闭门造车的现象，进行了跨国层面的对比研究，选取印度、德国和美国三个具有代表性的农业现代化发展模式的国家，验证这四个国家人口红利与人力资本红利模式转换对农业 TFP 影响的最终作用方向。通过对比研究，可以更好的了解不同国家在应对人口红利与人力资本红利模式转换问题及提升农业 TFP 时的政策选择和效果，从而为中国提供更有针对性的建议。

1.2.2 研究内容

本文的研究内容主要有六个部分，研究框架如图 1.1 所示。

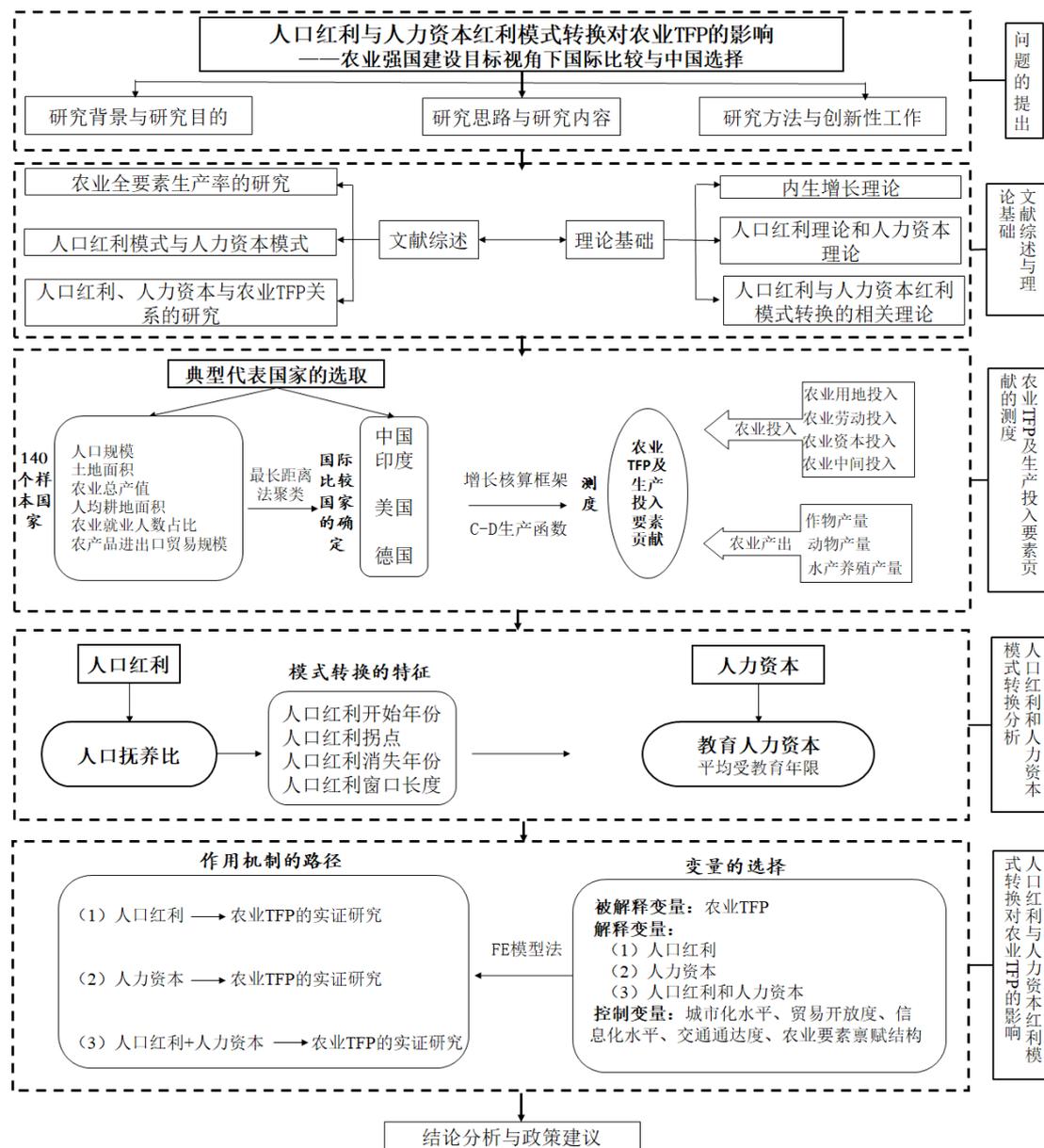


图 1.1 研究框架图

第一部分是引言。阐述了选题背景、目的和意义，在查阅有关文献的基础上，整理、归纳了主要研究成果与研究方法，介绍本文的研究思路，研究内容和方法。

第二部分文献综述。从内生增长理论、人口红利和人力资本理论、人口红利与人力资本红利转换模式理论出发梳理文献。概括了农业 TFP，人口红利模式和人力资本模式，人口红利、人力资本与农业 TFP 关系的研究。

第三部分是农业 TFP 及生要素贡献的测度。首先选取土地资源禀赋相关指

标运用多元统计聚类分析对 140 个国家进行聚类，由聚类热力图显示聚为三大类国家，结合国际上对农业现代化发展模式的三种概况，分别选取三类中的典型代表国家作为国际研究对象——印度、德国和美国；再次依据美国农业部经济研究局报告的国际农业生产数据产品对中、印、德、美的农业 TFP 进行测度；最后运用 C-D 生产函数测度农业生产要素对农业产出增长的贡献，以期识别不同国农业生产要素的重要程度，从而为我国农业 TFP 的提升提供理论指导。

第四部分是人口红利与人力资本红利模式转换分析。根据人口抚养比低于 50% 为人口红利期的判断依据确定人口红利开始年份、人口红利拐点、人口红利消失年份和人口红利窗口长度，从而分析人口红利现状，并结合教育公共开支和平均受教育年限分析人力资本现状，为人口红利与人力资本红利模式转换分析提供有利的支撑。

第五部分是人口红利与人力资本红利模式转换对农业 TFP 的影响。运用固定效应模型分三条路径：人口红利→农业 TFP 的实证分析、人力资本→农业 TFP 的实证分析、人口红利+人力资本→农业 TFP 的实证分析，通过国际对比研究，可以更好的了解不同国家在应对人口红利与人力资本红利模式转换问题及提升农业 TFP 的政策选择和效果，为中国提供更有针对性的建议。

第六部分是结论与建议。根据以上研究结果，本文对研究的结论进行概括总结，为最终我国农业 TFP 的提升进而迈进农业强国提供政策空间。

1.1.3 研究意义

目前中国是农业大国而非农业强国，不管是农业劳动生产率、土地产出率还是资源利用率，与先进发达的农业强国相比，我国的农业竞争力依然较弱。实现农业强国的基础是实现农业现代化，而目前农业劳动生产率正是中国农业现代化最突出的短板，且它的提升主要依靠以生物化和机械化为表征的技术。因此本文首先运用由美国农业部经济研究局报告的可进行国际比较的国际农业生产数据产品，从国际视角展开对比分析农业 TFP 及农业生产要素对农业产出增长的贡献，对揭示我国农业生产要素方面的发展方向具有重要意义；其次依托经济增长理论、人力资本理论和人口红利理论深入研究人口红利与人力资本红利模式转换对农业 TFP 的影响，加快人力资本投资对我国农业 TFP 的提升

具有重要的意义；本文的研究突破了以往仅考虑人口问题中人力资本对农业 TFP 的影响，结合时代背景将人口红利与人力资本红利模式转换因素考虑在内，丰富了相关理论，为提高农业 TFP 实现农业强国提供参考价值。

1.3 研究方法

本文主要使用的研究方法有：

(1) 文献研究法。本文对国内外有关农业全要素生产率的测算、人口红利模式和人力资本红利模式、人口红利与人力资本红利模式转换对农业 TFP 的影响的研究进行梳理总结相关概念，探寻各类文献的研究方法、逻辑，在此基础上结合本文的研究目的，确定合理的研究方法丰富本文的理论基础。

(2) 描述统计法。本文在对比中国、印度、德国、美国的农业现代化发展现状、人口红利与人力资本现状时进行了量化处理，用表格化、折线图等更直观的形式展现发展现状。

(3) 多元统计聚类分析法。选取国家时，运用最长距离聚类法根据人均耕地面积、人口总数、土地面积、农业总产值、农业就业人口占比、农产品进出口贸易额对 140 个样本国家 2000-2020 年的六个指标的均值进行聚类，最终选择中国、印度、德国和美国作为典型代表国家进行后续的国际比较研究。

(4) 实证分析法。农业 TFP 的测算研究上，运用国际农业生产数据产品中应用“增长核算”依据农业产出、投入及其价格的现有数据，提供一种衡量农业 TFP 随时间变化的可行方法来测算农业 TFP；农业生产要素贡献的测度研究上，将农业劳动、农业土地、农业机械库存总量、农业牲畜存栏总量、农业肥料总量和农业饲料总量构成拓展农业 C-D 生产函数的解释变量来测度农业投入要素的贡献率；在分析人口红利与人力资本红利模式转换对农业 TFP 的作用机制上，采用固定效应模型分别对三条作用机制路径进行研究。

1.4 创新性工作

第一，在农业全要素生产率的研究领域，其测算方法已经逐步形成较为成熟的方法体系，国内最普遍的是运用例如索罗余值法、指数法、生产函数法、

数据包络法（DEA）和随机前沿法（SFA）等微观指数测算的方法，但在进行国际对比研究方面，更好的考虑是依托增长核算框架的宏观全要素生产率测算方法。因此本文依据国际农业生产数据产品运用增长核算框架对中、印、德、美四国的农业 TFP 进行测算，并运用 C-D 生产函数测算农业生产要素对农业产出增长的贡献率。农业 TFP 指数可以从总体上衡量农业的发展，而农业生产要素对农业产出增长的贡献更加科学的把握各个投入要素对农业 TFP 提升。

第二，在对人口红利与人力资本红利模式转换对农业 TFP 影响的研究方面，人口红利、人力资本与农业 TFP 关系的研究已经得到了广泛的讨论，但将人口红利和人力资本共同纳入框架对农业 TFP 影响的研究篇幅较少。因此本文根据现有理论将三者关系搭建起来，分人口红利→农业 TFP 的研究、人力资本→农业 TFP 的研究、人口红利+人力资本→农业 TFP 的研究这三条路径，分析人口红利与人力资本红利模式转换对农业 TFP 的影响。

2 研究综述

2.1 农业全要素生产率的研究

2.1.1 农业全要素生产率的测算研究

农业全要素生产率是对农业生产系统中全部投入要素产出效率的度量，其本质是衡量生产单位将农业投入转化为产出的能力。其测算方法主要包括索罗余值法、生产函数法、指数法、数据包络法（DEA）和随机前沿分析法（SFA）等。纵使测算方法不同，但最终落脚点是通过选取农业投入产出指标测算农业 TFP，现有文献关于农业投入、产出指标变量的遴选不一。

针对农业产出指标的选取：根据选取指标数目的多少分为两种。其一是选取第一产业增加值（赵永平和汉玉玲，2022；王军和杨秀云，2019；罗浩轩，2017；刘战伟，2018）或选取农林牧渔生产总值（秦升泽和吴平，2020；周鹏飞等，2019；高齐圣和王丹亚，2020；葛静芳等，2016）的单一指标来代替农业产出。其二是以多指标来代替农业产出，李红艳等（2022）以第一产业增加值、第一产业总产值、农村人均经营性净收入三个要素衡量农业产出；张海霞和韩佩珺（2018）以农、林、牧、渔产值共四个产出变量代替农业产出。

针对农业投入指标的选取：早期农业投入衡量指标较多且差异性大，但近年来，由于以大牲畜代表的役畜的研究导致的统计误差，学者不再将役畜投入纳入农业投入指标，大多选用农业劳动、土地、机械、化肥和灌溉五个指标（刘德娟和周琼，2017；高孟菲和郑晶，2021；李婕等，2023；龙少波和张梦雪，2021）。康亚文等（2022）运用量化的文献再分析方法，指出不同基期价格的选择和投入指标选择的不同会影响农业 TFP 增长率测算结果存在差异，且以农林牧渔从业人数代替劳动投入指标测算的农业 TFP 结果优于以第一产业就业人数代替劳动投入指标测算的农业 TFP，主要原因是由于主观意愿下选取第一产业指标作为劳动力投入指标时囊括的从业人员不同，导致异质性增大。

2.1.2 农业全要素生产率的国际比较研究

有关农业的国际比较研究，近几年篇幅有所提升，针对国际农业全要素生产率方面的研究相对较少，但足以提供理论方面的借鉴。车维汗等（2010）运用 DEA 方法测算了 23 个国家的农业技术效率、技术进步及 Malmquist 生产率指数，结果表明中国农业 TFP 指数同土地以及劳动等农业资源的配置效率有密切关系。郑海涛等（2009）测算了中国和日本的分行业 TFP 的水平差距在 1995 年后逐步增大。李辉尚等（2021）基于全球 55 个经济体的农业与非农业两部门的劳动生产率数据，国际对比分析农业劳动转移、生产率提高对经济增长的拉动情况，研究表明中国在样本经济体中的劳动转移效应和劳动生产率效应位列第一，但现阶段劳动力由农业向非农业的转移效应日益减弱。除了对农业全要素生产率的研究外，还有对农业产品生产的全要素生产率研究，孙鲁云等（2020）采用 FGLS（可行广义最小二乘法）对中国、美国和印度的 26 个棉区进行了棉花全要素生产率的影响因素实证研究，全面板样本回归结果显示技术水平和农作物产值结构对棉花 TFP 呈显著正影响，但对中国而言影响不显著。

2.1.3 农业生产要素对农业产出增长贡献的研究

新古典经济增长理论认为，生产要素的增加和全要素生产率的提升是实现产出增长的两个重要方式。要素投入结构变化通过改变混合效率进而影响全要素生产率的增长，由此可见，没有要素投入结构的优化和组合效率的提升，就很难形成一个高效的农业供给体系（BALK B M, 2001）。Baek W C 等（2014）基于国际比较研究了韩国和日本大中小企业层面研发投入对产出的贡献，表明大企业研发投入对产出的贡献效果高于中小企业，且日本的研发投入贡献高于韩国。国内学者在这方面的也有所涉猎，栗滢超等（2019）、郭素芳和刘琳琳（2017）的研究结论具有共性，认为农业增长对劳动力依赖性最小，但栗滢超等（2019）的研究表明土地投入对农业增长的敏感度最高，而郭素芳和刘琳琳（2017）的研究表明农业资本投入对农业收益的贡献最大，这可能是由研究方法的选取和数据搜集方面的差异性导致的。赵亮和余康（2020）的研究却在时间和空间上给出了不同的结论，要素投入结构变化的影响在时间和空间上对农

业产出增长的促进和抑制效应并存。

2.2 人口红利与人力资本红利的研究

2.2.1 人口红利的研究

国外关于人口红利的研究始于 20 世纪 80 年代，是从 Bloom 和 Jeffrey（1998）的研究开始，他们认为人口红利是人口转变初期，在高出生率和低死亡率共同作用下，劳动年龄人口比重不断增大的现象；随后，Bloom 和 Williamson（1998）又深化了人口红利的概念，认为在人口转变的一定阶段上发生的劳动年龄人口比重提高和抚养比降低，产生了支撑经济增长的人口红利。国内较早认识到人口红利的是杨云彦（1994），他认为中国在劳动年龄人口规模增加、社会负担轻的阶段中，只要社会人力资源得到充分利用，就可以为我国打开一个加快经济发展和城市化进程的“人口窗口”；随后有蔡昉（2010）深入对中国人口红利的研究，他认为人口红利是一个国家的劳动资源相对丰富、抚养负担轻，保证了经济增长中的劳动力需求，使整个国家的经济呈现高储蓄、高投资和高增长的局面。有关人口红利估算的研究，楠玉（2022）在统一的增长核算框架内构造包含劳动年龄人口占比、教育人力资本和健康人力资本这三个指标作为人口红利的源泉考察对经济发展质量的影响；本文则借鉴人口红利估算的典型做法，选择与人口转变相关的统计指标，即以人口抚养比（非劳动年龄人口与劳动年龄人口的比例）作为人口红利的代理变量（杨艳琳和曹成，2016）进行后续研究，蔡昉也表示这样的做法可以直观地观察在特定人口转变阶段上形成的人口年龄结构特征，这也为本文人口红利对农业 TFP 影响的研究提供了可信服的依据。

2.2.2 人力资本的研究

人力资本思想的初步提出是亚当·斯密（Adam Smith），他在《国富论》中强调教育对个体能力和经济发展的重要性，然而，真正推动人力资本理论的是西奥多·W·舒尔茨（Theodore W. Schultz），在 20 世纪中期，认为投资教育、

培训和健康状况会提高劳动者的技能和能力最终促进经济的增长。随后便演变除了许多人力资本的估算方法：①基于投入的成本法。人力资本存量等于初始的存量加上总投资减去折旧。最初运用此方法估算人力资本的是 Engel (1883)，以孩子的养育成本衡量人力资本；Kendrick (1976) 将人力资本分为有型投资和无形投资，运用演绎出的永续盘存法测算人力资本；孟望生和王询 (2014) 构建成本法下的永续盘存法测算中国各省份的人力资本存量水平。②基于产出的收入法。人力资本存量等于个体在其整个生命周期中收入流的净现值。主要演绎出终身收入法、改进的终身收入法 (J-F 终身收入法)、LIHK 劳动收入法 (Dublin 和 Lotka, 1930; Jorgenson 和 Fraumeni, 1989; Mulligan 和 Sala-i-Martin, 1997)。③基于国民素质的指标法。分为数量指标法和质量指标法。基于数量指标法下分为以受教育年限总和计算的总量指标法和以平均受教育年限法计算的平均指标法；以教师工资、学校的生师比、高学历教师比例、生均教育经费等衡量质量指标。

2.2.3 人口红利与人力资本红利模式转换的研究

人口红利从根源上反映要素驱动对经济发展的影响，可将其分解为人口“数量红利”和人口“质量红利”，人口“质量红利”也就是人力资本红利 (郑丽琳和刘东升, 2021)。当预防老龄化使得储蓄动机和储蓄倾向增加进而提高社会整体储蓄水平和资本供给，就会形成经济增长的人口“质量红利” (Lee 和 Mason, 2006)。随着研究的深入，部分研究吸收新经济学相关理论，除了关注人口数量和人口结构外，应更多的关注劳动人口的素质能力，体现了人口质量的重要性。国内学者以“人力资本”展开对人口质量的研究，以健康和教育人力资本共同反映人力资本从而提高生产力效率 (原新和金牛, 2021)。基于人力资本红利的形成，有两条研究路径：一方面关注人口年龄结构中老龄化带来的储蓄率变动对经济的作用；另一方面探讨健康和教育人力资本的提高对经济增长的影响 (陆杰华和谷俞辰, 2023)。且原新和刘绘如 (2019) 研究结论表明劳动力质量的边际效率高于劳动者数量，人口质量红利会对人口数量红利产生替代效应。

2.3 人口红利、人力资本与农业 TFP 关系的研究

2.3.1 人力资本与农业 TFP 关系的研究

郑甘甜等（2023）从教育人力资本、健康人力资本、创新环境三个方面利用熵值法测算农村人力资本综合指数，构建固定效应模型实证分析农村人力资本对农业环境 TFP 的影响，农业环境 TFP 测算体系是在农业 TFP 测算体系基础上考虑农田化肥污染、农田固体废弃物污染和农业碳排放三种环境因素。蒋浩东等（2021）以人力资本和劳动力流失的交互项为核心自变量，以城市化水平、财政支持、老龄化程度、家庭经营收入及水利设施条件为控制变量，运用工具变量法研究人力资本提高对农业 TFP 的影响。陈国生等（2020）构建协调耦合模型，定量分析农村人力资本和农业现代化的关系。杨文举（2015）和王艳荣和谢林燕（2022）均以人均受教育年限衡量人力资本，验证人力资本对农业绿色全要素生产率的推动作用。

2.3.2 人口红利、人力资本与农业 TFP 关系的研究

有关人口红利、人力资本、农业 TFP 三者关系的研究相对匮乏，但是人口红利的研究、人口红利与人力资本红利转换的研究、人力资本对农业 TFP 影响的这三方面相关研究较多，足以说明，人口红利与人力资本红利转换模式对农业 TFP 是有影响的。从一些学者的研究中发现，伴随着人口红利的研究中有关人力资本对全要素生产率是有一定的促进作用，王婷等（2020）运用计量模型，以劳动年龄人口占比和劳动力流动性作为人口红利的指标，考虑外商直接投资水平、人均公路里程、产业结构、地区教育投入比例、出生率为控制变量，研究人口红利对全要素生产率的影响。匡远配和陈梅美（2015）、刘成坤（2021）在纳入农村人力资本变量的前提下研究农村人口老龄化对农业 TFP 的影响。高春亮（2020）参考拉姆齐无限期界模型建立人力资本积累方程，检验了人口红利和人力资本对经济增长贡献的一致框架，其研究思路对本文将人口红利和人力资本放入同一框架研究对农业 TFP 的影响提供了有利的支撑。除了对国内方面的研究外，还进行国际对比方面的研究，周健（2020）对比研究了东南亚部

分国家和印度的情况，发现人口红利转化为更多的劳动投入和资本投入，预估中国会失去人口红利优势，但在人口红利转化为更高的 TFP 时并未失去人口红利优势，甚至更具人口红利优势。

2.4 文献述评

相比已得到广泛讨论的人口红利的研究、人口红利与人力资本红利模式转换的研究、人力资本对农业 TFP 影响的研究，将人口红利和人力资本共同纳入框架研究对农业 TFP 的研究的视角相对较少。不仅如此，在已有的研究中，部分学者认为我国人口红利正在消失（童玉芬和周文，2019；黄学华，2018），而另外一部分学者认为我国人口红利不仅没有消失，并在一些条件下人口红利甚至更具优势（周健，2020）。由此可见理论上论证人口红利是否消失得到两种截然相反的结论，因此有必要针对人口红利是否消失的理论逻辑进行实证验证。基于当前我国建设农业强国目标的背景，提升农业 TFP 的根本是人力资本的提升，对于正处于人口红利与人才红利转变关键时期的中国，因此人口红利与人力资本红利转变对 TFP 具有重要的影响；同时，还考虑城市化水平、贸易开放度、信息化水平、电力消费、农业要素禀赋结构等控制变量对农业 TFP 的影响。

为了避免闭门造车，进行跨国比较，借鉴作为农业强国的美国和德国发展经验，对于发展中国家的中国和印度实现农业大国迈向农业强国具有重要的意义。但对农业 TFP 测算时，选取指标和测算方法上存在较大差异，且进行跨国比较时并未考虑数据是否可比的问题。基于此，本文在以下两个方面进行了改进：一是借助国际农业生产率（International Agricultural Productivity，简称 IAP）数据产品，该数据产品应用“增长核算”依据农业产出、投入及其价格的现有数据，提供了一种衡量农业 TFP 随时间变化的可行方法，并对测算的农业 TFP 进行国际比较，且在考虑人口要素对提升农业 TFP 的作用外，探讨农业生产要素对农业产出贡献的大小，对农业 TFP 提升具有重要作用；二是将人口红利和人力资本同时纳入研究框架，分人口红利→农业 TFP、人力资本→农业 TFP、人口红利+人力资本→农业 TFP 这三条路径的研究，根据现有理论将三者关系搭建起来，分析人口红利向人力资本红利模式转换对农业 TFP 的影响。

3 农业全要素生产率指数及生产要素贡献的测度

本文根据农业资源禀赋相关指标，参照国际上公认的农业强国的三种发展模式，选择中国、印度、德国和美国作为本文的研究对象；运用增长核算框架测算农业 TFP 指数并进行国际对比研究；为了更加科学的把握各个投入要素对农业 TFP 提升，运用 C-D 生产函数测算农业生产要素对农业产出增长的贡献率。

3.1 农业全要素生产率的定义

全要素生产率指“生产活动在一定时间内的效率”，用于衡量生产单位将农业投入转化为产出的能力，其增长率被视为技术进步的指标。盛誉（2021）梳理的农业全要素生产率概念中，认为狭义的农业投入是土地、资本、劳动等纯经济因素，广义的农业投入包括环境、社会等非经济因素；认为农业全要素生产率的影响因素包括投入结构、产出结构、新技术采纳，以及国内外经济条件、气候变化等外部因素，但也涉及规模经济、经济周期、产能利用率、技术效率变化、资源配置等其他因素。

美国农业部经济研究局（USDA's Economic Research Service，简称 ERS）概述，衡量农业绩效和生产力信息量最大的指标之一是全要素生产率（TFP），农业 TFP 考虑了农业生产中使用的所有土地、劳动力、资本和物质资源，并将其与作物、动物和水产养殖产品的总产量进行比较。如果总产出的增长速度快于总投入，我们称之为全要素生产率的提高。农业 TFP 不同于每英亩作物产量或每个工人的农业附加值等指标，因为它考虑了生产中使用的更广泛的投入，包括农产品生产中使用的所有这些投入的平均生产率。农业全要素生产率水平越高，表明农业发展对土地、劳动力、资本、中间投入等生产要素的依赖性越小，农业发展的科技含量越高、可持续性越强。因此着力提升农业全要素生产率水平，为建设农业强国提供强有力的科技支撑，这也是本节将考察重点放在农业全要素生产率的测算及演变趋势分析上的原因。

3.2 农业全要素生产率指数的测算方法

通过对现有文献的梳理，全要素生产率指数测算方面逐步形成较为成熟的方法体系，微观指数测算主要包括索罗余值法、生产函数法、指数法、数据包络法（DEA）和随机前沿分析法（SFA）等，宏观全要素生产率指数测算主要依托增长核算框架。为了更加清晰准确地测度和分解农业全要素生产率指数中的技术效应和结构效应，本文应用宏观 TFP 增长率测算分解模型框架基础上，借助国际农业生产力（International Agricultural Productivity，简称 IAP）数据产品进行国际比较。该数据产品应用“增长核算”依据农业产出、投入及其价格的现有数据，提供了一种衡量农业 TFP 随时间变化的可行方法，但需要注意，这里描述的方法给出的是国际上一致和可比的农业 TFP 增长率，并没有提供农业 TFP 水平。

全要素生产率（TFP）被定义为总产出与总投入的比率。如下式：

$$TFP = \frac{Y}{X} \quad (3.1)$$

其中， Y 表示总产出， X 表示总投入。由于生产的产出和使用的投入的异质性，通常很难对实际产出或实际投入给出有意义的定义。但利用指数数论可以对任意两个时期之间的产出增长和投入增长提供有意义的定义（Caves, Christensen 和 Diewert, 1982），即 TFP 随时间的变化是通过比较总产出的变化率和总投入的变化率来体现，也就是说 TFP 的变化率是总产出和总投入的变化率之差。将式（3.1）随时间的变化量表示为对数，可表示为：

$$\frac{d \ln(TFP)}{dt} = \frac{d \ln(Y)}{dt} - \frac{d \ln(X)}{dt} \quad (3.2)$$

农业是一个多产出、多投入的生产过程，所以 Y 和 X 是向量。当市场处于竞争均衡状态，基础技术由规模收益不变的生产函数表示时，相对于投入的产出弹性等于该投入的成本份额。那么，总产出增长通过将每种产出商品的增长率按其收入份额加权来估计，总投入增长是通过将每项投入的增长率相加并按其成本份额加权得出。TFP 增长就可表示为总产出增长与总投入增长之间的价值份额加权差，如下式：

$$\ln \left(\frac{TFP_t}{TFP_{t-1}} \right) = \sum_i R_i \ln \left(\frac{Y_{it}}{Y_{it-1}} \right) - \sum_j S_j \ln \left(\frac{X_{jt}}{X_{jt-1}} \right) \quad (3.3)$$

式中， R_i 表示第 i 项产出的收入份额， S_j 表示第 j 项投入的成本份额。IAP 数据产品使用增长率从以 2015 年为基准年开始构建年度指数，该指数被赋值为 100。特定年份的指数值反映了本年度和基准年之间系列值的百分比变化。

由于指数方法之间的一个区别是收入和成本份额权重是固定的还是随时间变化的。Paasche（帕氏）和 Laspeyres（拉斯拜尔）指数使用固定权重，而 Tornqvist-Thiel 指数和其他链式指数使用可变权重。在农业中，经济发展过程中农业资本和物质投入的成本份额呈上升趋势，而劳动力成本份额呈下降趋势。此时确定收入份额和成本份额就显得尤为重要。

收入份额的确定：就产出而言，联合国粮农组织（FAO）对农业总产出的衡量是恒定的，因此基准年价格是固定的，即农业产出使用“2015 年不变价格美元”汇总成农业产出总值的衡量标准。由于该方法使用固定期末价格来度量产出指标，因此它相当于实际产出的 Paasche（帕氏）数量指数。

成本份额的确定：就投入而言，成本份额是根据已发表的关于特定国家和区域农业生产力的研究汇编而成的，当没有直接观察到一个国家的成本份额时，可以从农业结构和经济发展水平相似的附近国家的成本份额中推断出来。

式（3.3）概述的框架提供的是一种简单的方法来分解 TFP 和投入对产出增长的相对贡献，IAP 数据产品进一步介绍了更加详细的分解：用函数 $g(\cdot)$ 表示一个变量的年增长率，产出的增长率就是 TFP 的增长率加上投入的增长率乘以它们各自的成本份额，如下式：

$$g(Y) = g(TFP) + \sum_{j=1}^J S_j g(X_j) \quad (3.4)$$

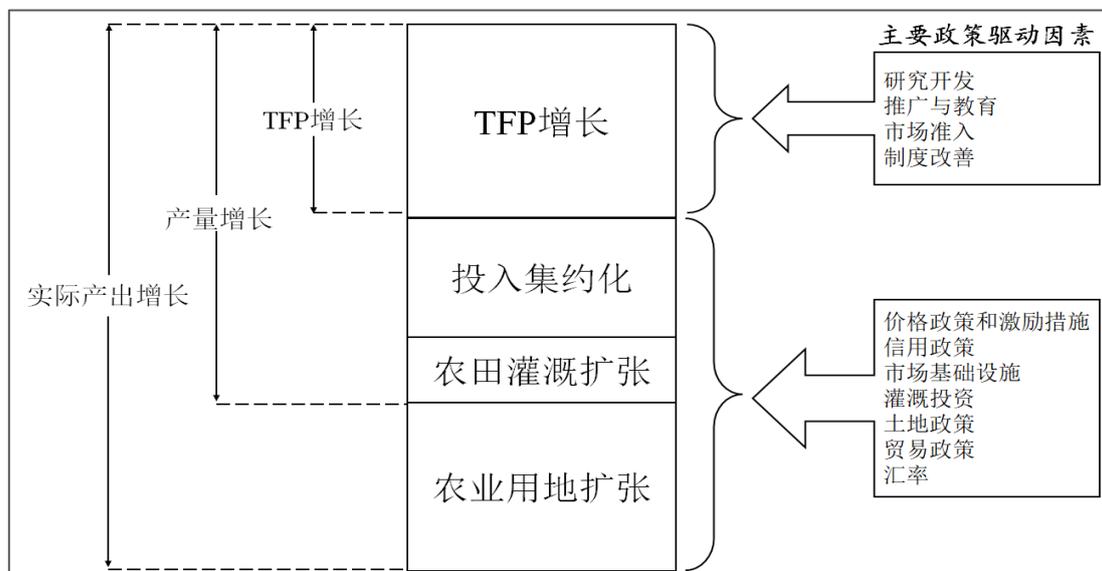
由于每个 $S_j g(X_j)$ 项给出了使用更多的第 j 个投入来增加产出（保持价格固定）的成本增长，也可以专注于特定的投入，比如土地，则产出增长就可分解为由土地的扩张和土地的产量所贡献的组成部分，如下式：

$$g(Y) = g(X_1) + g\left(\frac{Y}{X_1}\right) \quad (3.5)$$

其中， X_1 表示土地投入， $g(X_1)$ 表示土地投入的年增长率。这种分解对应于通常所说的土地扩张和土地产量增长，可以进一步将产量增长分解为全要素生产率所占份额和单位土地上更密集地使用其他投入所占份额，如下式：

$$g(Y) = g(X_1) + g(TFP) + \sum_{j=2}^J S_j g\left(\frac{X_j}{X_1}\right) \quad (3.6)$$

该分解是增长的资源分解，因为其侧重于土地的数量变化，而不是其对生产成本变化的贡献，该分解可由图 3.1 直观的展示。



资料来源：美国农业部，经济研究局，国际农业生产数据产品。数据和方法截至 2022 年 10 月。TFP = Total factor productivity

图 3.1 农业产出增长的分解

农业产出的增长来自增加土地和其他资源的使用，以及提高这些资源的生产率，进一步说明实际产出的增长率。首先，实际产出的增长被分解为农业用地扩张和每公顷土地上更多的资本、劳动力和肥料的投入集约化；其次，产量增长本身被分解为投入集约化以及扩大对现有农田的灌溉和 TFP 增长。其中 TFP 反映了所有投入转化为产出的效率，农田灌溉扩张可以提高种植强度和单产。全要素生产率的提高是由技术变革、资源利用中技术和配置效率的提高以及规模经济驱动的，要素投入的增长受到投入和产出价格以及贸易条件的推动。图 3.1 的产出增长分解图既直观又具有直接的政策相关性：土地扩张和投入集约化受到资源禀赋和价格变化的强烈影响，而 TFP 增长则受到农业研究和推广服务、教育和基础设施的长期投资以及资源质量和制度改善的强烈影响。

3.3 农业全要素生产率指数的测度结果及分析

3.3.1 数据来源及变量说明

农业全要素生产率相关数据均来自于国际农业生产率（IAP）数据产品，其中使用的大多数产出和投入数量数据来自联合国机构，特别是粮食及农业组织（FAO）的 FAOSTAT 数据库和国际劳工组织（ILO）的 ILOSTAT 劳工统计数据库。这些数据还补充了来自国家和其他统计来源的数据以及已发表的农业生产率研究报告。参考的其他数据来源包括美国农业部国家农业统计局，美国农业部外国农业服务 PS&D 数据库，欧盟统计局、中国国家统计局、印度尼西亚统计局，新西兰统计局，国际肥料协会的 IFASTAT 以及格罗宁根大学增长与发展中心（Timmer 等人）制作的 GGDC 结构变化数据库（Timmer 等人，2015；de Vries 等人，2021）。农业 TFP 估算使用了这些来源提供的最新可用数据，这些来源有时会修改前几年的数据以反映这些系列更完整的信息，美国农业部经济研究局的国际农业生产率数据库的更新包括来自这些来源的前几年数据的修订。因此，该数据产品下的数据是这些来源的数据对其进行修改和补充的最新数据。具体变量见表 3.1。

表 3.1 农业投入产出变量

变量	变量细分	单位
农业总产出	162 种作物总产量	1000 美元，2015 年不变价
	30 种动物总产量	1000 美元，2015 年不变价
	8 种水产养殖总产量	1000 美元，2015 年不变价
农业总投入	农业用地总量	1000 公顷，相当于雨水灌溉农田
	农业劳动力总数	从事农业经济活动的 1000 人
	农业资本存量	机械库存总量：1000 米制马力
		牲畜存栏总量：标准牲畜单位 1000 头
农业中间投入总量	肥料总量：吨无机氮，磷，钾和有机氮 饲料总量：10 ⁶ 卡路里的代谢能	

资料来源：根据美国农业部经济研究局（USDA's Economic Research Service，简称 ERS）IAP 数据产品整理可得。

（1）农业产出指数

农业产出是每年的作物总产量、动物总产量和水产养殖总产量分别乘以

2015 年不变价美元的商品价格总和；农业产出指数是每年的农业产出除以 2015 年的农业产出。作物总产量和动物总产量数据来源于联合国粮农组织统计数据库 FAOSTAT，水产养殖总产量数据来源于联合国粮农组织数据库 FISHSTAT。

农业产出指数计算公式如下： $y_t = y_{1t} + y_{2t} + y_{3t}$ ， $Y_t = (y_t \div y_{2015}) \times 100$ 。 y_t 表示第 t 年的农业产出， y_{1t} 表示第 t 年的作物总产量乘以 2015 年作物价格得出的作物总产出， y_{2t} 表示第 t 年的动物总产量乘以 2015 年动物价格得出的动物总产出， y_{3t} 表示第 t 年的水产养殖总产量乘以 2015 年水产养殖价格得出的水产养殖总产出， Y_t 为第 t 年的农业产出指数。

(2) 农业投入指数

农业投入指数是农业劳动力、土地、资本和中间投入的增长率相加并按成本份额加权得出；其中资本投入包含农业机械库存总量和农业动物存栏总量，中间投入包含农业肥料总量和农业饲料总量。用 X_t 表示第 t 年农业总投入指数。

具体农业投入指数计算，是根据农业投入量计算四类生产投入的增长率，依据 3.2 节中的测算方法估计农业投入的加权平均增长率，权重是四种投入类别的成本份额，最后用这个增长率构造总投入的年度指数。

(3) 农业全要素生产率指数

根据全要素生产率 (TFP) 定义及测算的农业产出指数 Y_t 和农业投入指数 X_t 。则农业全要素生产率指数为 $ATFP_t = (Y_t \div X_t) \times 100$ 。

3.3.2 农业大国的选择依据

世界上有 200 多个经济体，在样本选择上，一方面，考虑土地资源稀缺程度与中国相似的国家 and 土地资源相对丰富的国家，以更好地了解中国农业发展水平并借鉴发达国家提升我国的农业竞争力；另一方面，考虑农业在大国的战略重要性，大国需要结合自身情况建立相对完整和独立的农业体系，而小国则不然，因此，大国被作为本文的研究对象（陈秧分等，2018）。

表 3.2 2000-2020 年农业资源禀赋相关指标均值聚类的国家分类

类别	国家
第①类	德国、匈牙利、马来西亚、意大利、挪威、英国、葡萄牙、塞浦路斯、芬兰、西班牙、法国、加拿大、冰岛、马耳他、瑞典、巴巴多斯、新喀里多尼亚、爱沙尼亚、拉脱维亚、立陶宛、斯洛文尼亚、奥地利、瑞士
第②类	中国、印度、日本、阿尔巴尼亚、玻利维亚、刚果、柬埔寨、老挝、巴西、土耳其、牙买加、厄瓜多尔、佛得角、墨西哥、亚美尼亚、乌克兰、尼加拉瓜、科特迪瓦、突尼斯、多米尼加共和国、瓦努阿图、塞尔维亚、萨摩亚、摩尔多瓦、泰国、厄立特里亚、马拉维、塞拉利昂、尼日利亚、卢旺达、印度尼西亚、摩洛哥、南非、越南、哥伦比亚、秘鲁、尼泊尔、多哥、塔吉克斯坦、喀麦隆、吉尔吉斯斯坦、津巴布韦、乍得、马里、土库曼斯坦、中非共和国、安哥拉、埃塞俄比亚、贝宁、肯尼亚、菲律宾、不丹、东帝汶、哈萨克斯坦、阿尔及利亚、阿塞拜疆、加纳、亚、坦桑尼亚、布基纳法索、马达加斯加、孟加拉国、几内亚、布隆迪、巴基斯坦、尼日尔、莫桑比克、赞比亚、伊拉克、斯里兰卡、波多黎各、赤道几内亚、冈比亚、塞内加尔、蒙古、博茨瓦纳、纳米比亚
第③类	美国、阿曼、卡塔尔、克罗地亚、毛里求斯、马尔代夫、特立尼达和多巴哥、伯利兹、圣卢西亚、以色列、保加利亚、波兰、沙特阿拉伯、白俄罗斯、斐济、黎巴嫩、巴拿马、波斯尼亚和黑塞哥维那、约旦、萨尔瓦多、格鲁吉亚、洪都拉斯、圭亚那、苏里南、澳大利亚、希腊、乌拉圭、哥斯达黎加、圣文森特和格林纳丁斯、智利、罗马尼亚、韩国、阿根廷、巴拉圭

本文首先依据农业资源禀赋相关的指标：人均耕地面积、人口规模、土地面积、农业总产值、农业就业人口占比、农产品进出口贸易规模，运用最长距离法对 140 个样本国家 2000-2020 年的这六个指标的均值进行聚类，聚类结果的国家分类见表 3.2。并参考美国经济学家弗农·拉坦基于农业现代化路径选择的三种模式和国际上公认的农业强国的三种发展模式（见表 3.3），本文最终选择印度、德国、美国这三个典型代表国家与中国进行国际比较，弗农·拉坦（2014）对国际农业发展前景的研究也印证了上述聚类特征。

考虑到本文后续有关人口红利、人力资本和农业 TFP 的相关研究，OECD 数据库中日本的人力资本数据缺失严重，且印度与中国的土地资源禀赋相近，故最终选择印度、美国、德国作为国际比较对象进行后续研究。

表 3.3 农业现代化路径选择的 3 种发展模式

代表国家	发展模式	耕地资源	农场模式
美国、澳大利亚等	机械技术主导	人均耕地资源丰富	大农场
日本等	生物技术主导	人均耕地资源匮乏	精细农业
德国、法国等	机械技术-生物技术交错型	人均耕地资源均衡	高科技农业

资料来源：美国经济学家弗农·拉坦基于农业现代化路径选择（弗农·拉坦，2014）。

3.3.3 农业产出指数的国际比较研究

中国农业产出效率直线上式追赶发达国家，在 2016 年赶超德国；印度

2002 年和 2009 年农业总产出效率明显下降，在 2017 年赶超美国；德国的农业总产出效率变动幅度较大，整体上呈现下降趋势，与 2015 年相比，2016-2020 年农业总产出效率均低于 100，说明德国的农业产出效率呈现持续下降趋势；美国农业产出效率在缓慢增长，2016 年相较 2015 年有所提升。因此，虽然起初德国和美国的农业总产出处于领先水平，但随着农业现代化的发展，印度和中国的农业产出效率在 2020 年位居世界第一和第三，在 2020 年农业产出效率与发达国家之间的差距缩小并实现了赶超（见图 3.2）。

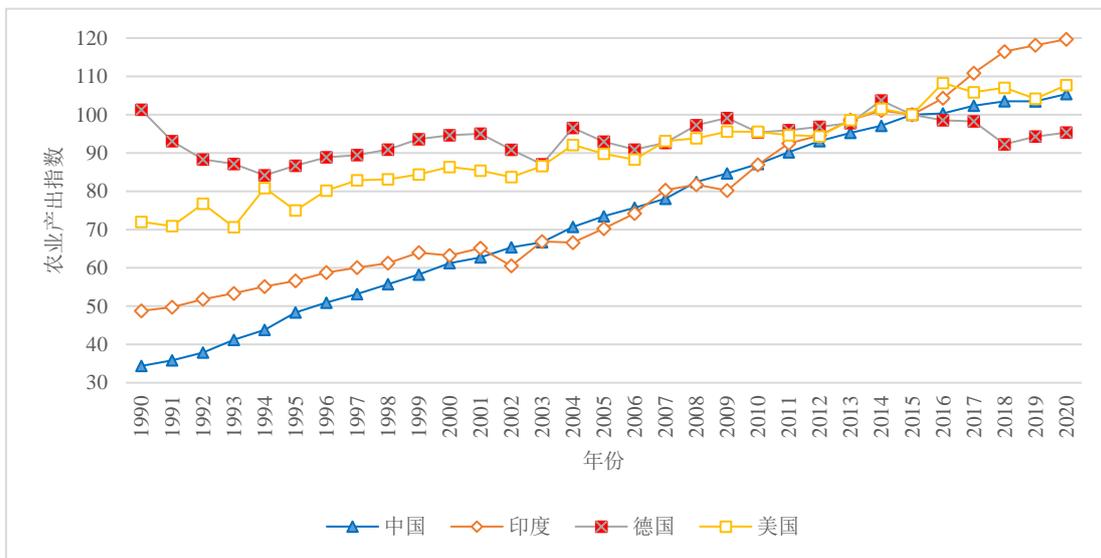


图 3.2 1990-2020 年农业产出指数

3.3.4 农业投入指数的国际比较研究

农业投入指数与农业产出指数相比，四个国家的农业投入指数整体上均高于农业产出指数。从农业投入指数来看，德国的农业投入指数在缓慢下降，并从 2016 年开始其指数在四国中排名最低；1990-2001 年美国的农业投入指数相对较高，其值稳定在 85-90 之间，从 2016 年开始美国的农业投入指数一直处于四国中的领先地位；中国和印度的农业投入指数整体呈上升趋势，印度的农业投入指数在 2010 年赶超德国，中国的农业投入指数在 2011 年赶超德国（见图 3.3）。

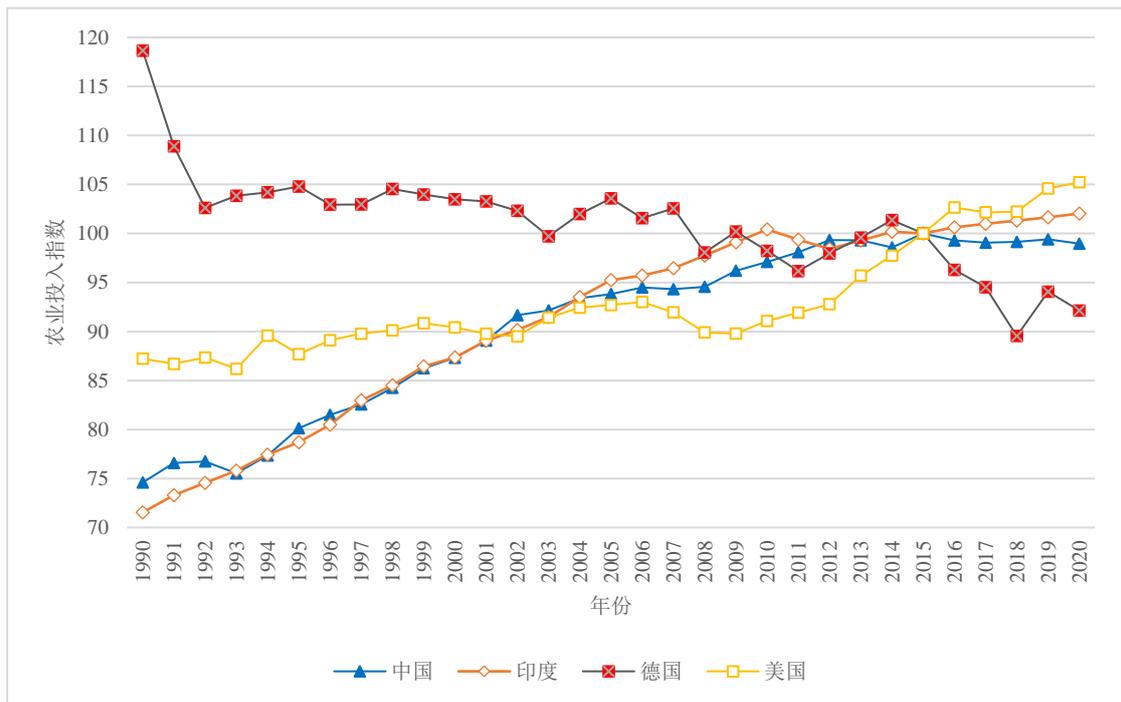


图 3.3 1990-2020 年农业投入指数

3.3.5 农业全要素生产率指数的国际比较研究

全要素生产率是一个较为全面的衡量生产效率的指标，四个国家的农业全要素生产率虽然存在一定程度的波动性，但整体呈上升趋势。近十年间，德国和美国的农业全要素生产效率的增长速度较慢，而中国依然保持原来的农业生产效率增长速度，印度的农业生产效率则迅速增长并在四国中处于领先地位（见图 3.4）。

值得注意的是，2020 年印度的农业全要素生产率高于中国、德国和美国，即需要思考印度的农业生产效率在这四个国家中是最高的结论是否违背现实情况？首先，根据四个国家的投入产出数据，2020 年印度的农业总产出的增长在四个国家中最高是对印度的农业全要素生产率增长更高做出解释；其次，国外学者 Krishna K. L 等（2022）比较了印度 KLEMS 数据库和 USDA 数据库关于印度农业劳动力和全要素生产率的趋势，指出 2000 年中期以后，USDA 数据库相对于印度 KLEMS 数据库显示出更高的农业全要素生产率，当然是因为 USDA 数据库中显示出印度具有较高的农业总产出增长，这与本文的结论一致；

最后，本文应用的 USDA 数据库相较于其他数据库提供了更为具体的投入信息（考虑了肥料和饲料的中间投入），农业投入要素的差异也可能会带来更高的农业全要素生产率（Krishna K. L 等，2022）。

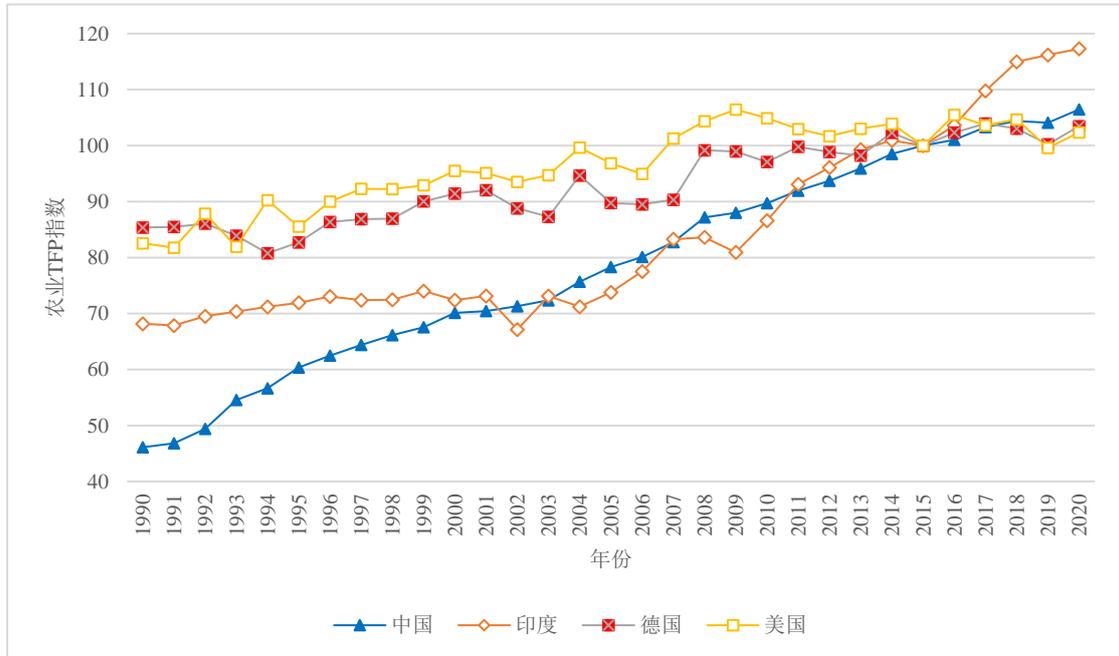


图 3.4 1990-2020 年农业 TFP 指数

3.4 农业生产要素贡献的测度结果及分析

农业 TFP 对农业生产系统总体效率的度量固然重要，但农业增长与农业生产要素之间也有非常密切的联系。在推进农业现代化实现农业强国的道路上，重新审视农业生产函数的构成要素，能够更加科学的把握农业生产要素对农业发展的影响。故本文在新古典经济 C-D 生产函数的基础上，将农业劳动、农业土地、农业机械库存总量、农业牲畜存栏总量、农业肥料总量和农业饲料总量均纳入模型；使用岭回归方法进行估计，得到最终的农业生产函数，并定义和估算农业生产要素对农业产出增长的贡献。需要注意的是农业机械库存总量和农业牲畜存栏总量统称为农业总资本投入，农业化肥总量和农业饲料总量统称为农业中间投入。

需要注意，本文应用的全部有关农业生产投入要素的数据是均来自于 USDA 数据库报告的国际农业生产力（IAP）数据产品中的原始数据，该数据产

品非常详细的介绍了各个国家的数据来源以及指出是进行可行性国际比较研究的数据，且结合本文的文献梳理的 2.1.1 中有关农业产出和农业投入指标的选择方面，绝大多数学者选择的是农业劳动、土地、机械、化肥和灌溉这五个投入指标，而 IAP 数据产品中给出的是农业劳动、农业土地、农业机械库存总量、农业牲畜存栏总量、农业肥料总量和农业饲料总量，考虑了中间投入，更为细致的划分了农业投入，所以以上就是选择投入要素指标的依据。

3.4.1 C-D 生产函数测度方法

选择 C-D 模型从长期视角分析年农业生产要素对农业产出增长的贡献。罗小锋和刘清民（2010）的研究表明农业机械是替代和解放劳动力的重要生产要素；吴江月等（2014）将动植物遗传资源纳入生产函数，得到了农业特定投入要素的生产函数模型；郭承龙和陈镜如（2021）将农药、化肥和塑料等投入作为农业生产函数的解释变量。由此，结合 IAP 数据产品中农业投入要素的变量，本文将农业劳动、农业土地、农业机械库存总量、农业牲畜存栏总量、农业肥料总量和农业饲料总量构成拓展农业生产函数的解释变量，该生产函数如式（3.7）所示：

$$Y = AP^{\alpha}L^{\beta}M^{\gamma}Ls^{\eta}Fe^{\delta}Fd^{\varphi}e \quad (3.7)$$

式中， Y 为农业产出； P 、 L 、 M 、 Ls 、 Fe 、 Fd 分别劳动力、土地、机械、牲畜、肥料、饲料的投入量； A 为常数； e 为误差项； α 、 β 、 γ 、 η 、 δ 、 φ 分别为劳动力、土地、机械、牲畜、肥料、饲料的要素生产弹性系数。

如果 $\alpha+\beta+\gamma+\eta+\delta+\varphi>1$ ，表示要素对农业产出呈规模报酬递增；如果 $\alpha+\beta+\gamma+\eta+\delta+\varphi<1$ ，表示要素对农业产出呈规模报酬递减；如果 $\alpha+\beta+\gamma+\eta+\delta+\varphi=1$ ，表示要素对农业产出呈规模报酬不变。

对数据取对数以消除量纲和异方差影响，得到（3.8）式：

$$\ln Y = \ln A + \alpha \ln P + \beta \ln L + \gamma \ln M + \eta \ln Ls + \delta \ln Fe + \varphi \ln Fd + \ln e \quad (3.8)$$

式（3.8）反映研究期内农业生产要素与农业产出的弹性关系，需要动态分析各要素变化对农业产出的贡献率。其中 $\ln A$ 为常数； $\ln e$ 为误差项； αp 、 βl 、 γm 、 ηls 、 δfe 、 φfd 分别为 6 个生产投入要素对农业产出增长的贡献，其

中 p 、 l 、 m 、 ls 、 fe 、 fd 分别为 6 个要素投入的年均增长率；6 个投入要素对农业产出增长的贡献率分别为： $\alpha p / y$ 、 $\beta l / y$ 、 $\gamma m / y$ 、 $\eta ls / y$ 、 $\delta fe / y$ 、 $\varphi fd / y$ ，其中 y 为农业产出的年均增长率。

3.4.2 农业生产要素贡献的结果及分析

对比中国与印度、德国、美国农业生产要素对农业产出增长的贡献，能为中国实现农业强国目标提供借鉴，同时为优化中国农业发展方式、“三农”问题、乡村振兴提供参考。测度中国、印度、美国、德国的农业生产要素贡献的原始数据见附录。数据来源于 IAP 数据产品整理可得，其中，经济类变量值为 2015 年不变价格美元的数值。研究目标期为 1990-2020 年。

(1) 数据共线性分析

由式 (3.8) 可知该农业生产函数模型为多元回归模型，由于建模过程中解释变量间可能会存在精确性或高度相关使模型的估计失真，因此就需要对数据进行共线性检验，从而排除引起共线性的变量，以保证测度结果的真实性。对中国、印度、德国和美国这四个国家的农业投入要素分别进行数据共线性分析，运用 Eviews10.0 软件进行普通最小二乘 (OLS) 估计式 (3.8) 解释变量参数，并进行共线性分析，结果如表 3.4 所示。

表 3.4 是以 $\ln P$ 、 $\ln L$ 、 $\ln M$ 、 $\ln Ls$ 、 $\ln Fe$ 、 $\ln Fd$ 作为自变量， $\ln Y$ 作为因变量的普通最小二乘回归 (OLS) 和方差膨胀因子 (VIF) 结果。对中国而言，模型的解释变量的方差膨胀系数出现大于 10，解释变量存在严重多重共线性，统计量 D-W 为 1.449，解释变量存在正自相关性；对印度而言，解释变量的方差膨胀系数出现大于 10，解释变量存在严重多重共线性，统计量 D-W 为 2.231，解释变量存在负自相关性；对美国而言，解释变量的方差膨胀系数均小于 10，解释变量不存在严重多重共线性；对德国而言，解释变量的方差膨胀系数出现大于 10，解释变量存在多重共线性，统计量 D-W 为 1.946，解释变量存在正自相关性。综上可知，中国、印度、德国的 OLS 模型中解释变量均存在严重多重共线性问题；而美国的 OLS 模型中解释变量不存在严重多重共线性问题，可以进行后续的研究。

表 3.4 OLS 回归结果及共线性检验

LnY	中国		印度		美国		德国	
	回归系数	VIF 值	回归系数	VIF 值	回归系数	VIF 值	回归系数	VIF 值
lnL	-0.194 (-0.193)	64.95	0.566 (0.643)	99.178	-3.289*** (-12.855)	6.493	-0.088 (-0.128)	2.334
lnP	0.029 (0.326)	33.851	-0.530*** (-4.299)	4.692	0.353*** (3.076)	5.02	-0.031 (-0.442)	27.028
lnM	0.428*** (5.785)	78.267	0.190** (2.275)	157.463	-0.179 (-1.142)	3.522	-0.261 (-1.757)	64.437
lnLs	0.254 (1.902)	5.323	0.675 (1.379)	21.947	-0.342 (-1.335)	1.801	0.703*** (4.144)	13.623
lnFe	0.059 (0.778)	15.945	0.140 (1.423)	45	-0.070 (-0.710)	1.21	0.117 (1.405)	5.848
lnFd	0.375*** (5.904)	42.625	0.200 (2.013)	61	0.537*** (6.937)	1.667	0.338*** (2.943)	7.038
cons	4.701 (0.363)	—	2.106 (0.152)	—	54.133*** (13.326)	—	6.609 (1.391)	—
调整 R ²	0.996		0.993		0.964		0.777	
F 值	F (6,24)=1355.919 p=0.000		F (6,24)=750.108 p=0.000		F (6,24)=135.175 p=0.000		F (6,24)=18.427 p=0.000	
D-W 值	1.449		2.231		1.746		1.946	

注：* p<0.05 ** p<0.01 *** p<0.001 括号里面为 t 值。

(2) 岭回归分析

为了解决严重多重共线性问题，本文进行岭回归分析。岭回归是一种改良的最小二乘估计法，通过放弃最小二乘法的无偏性，以损失部分信息、降低精度为代价获得回归系数，它是更为符合实际、更可靠的回归方法，对存在离群点的数据的拟合要强于最小二乘法；不同于线性回归的无偏估计，岭回归的优势在于它的无偏估计，更趋向于将部分系数向 0 收缩。因此，它可以缓解多重共线性问题，以及过拟合问题。

分别对前文存在严重多重共线性的模型进行分析，需要对中国、印度、德国的农业生产要素共线性分析的数据进行岭回归，以解决严重多重共线性问题。运用 SPSS20.0 进行岭回归分析，首先通过岭迹图和岭参数 K 值表，选择合适的步长和 K 值，再次执行岭回归得到解释变量参数估计值。K 的范围为 0 到 1，若 $K = 0$ ，即为普通线性回归；如果参数 K 的取值越大时，参数估计也逐渐稳定，但损失的信息也越多；当 K 取值使得解释变量参数的岭估计趋势稳定时，则 K 值是合适的。中国、印度、德国岭回归的岭迹图见图 3.5、图 3.6、图 3.7。

根据图 3.5、图 3.6、图 3.7 的岭迹图，结合岭参数 K 值越小越好的原则，发现中国、印度和德国岭回归的岭参数 $K = 0.2$ 时回归系数趋于稳定。对中国和印度而言， $\ln P$ 岭迹与 $\ln L$ 、 $\ln M$ 、 $\ln Ls$ 、 $\ln Fe$ 、 $\ln Fd$ 的岭迹具有明显的离散趋势。确定 K 之后，输入 K 再次进行检验。中国、印度和德国的岭回归估计结果见表 3.5。

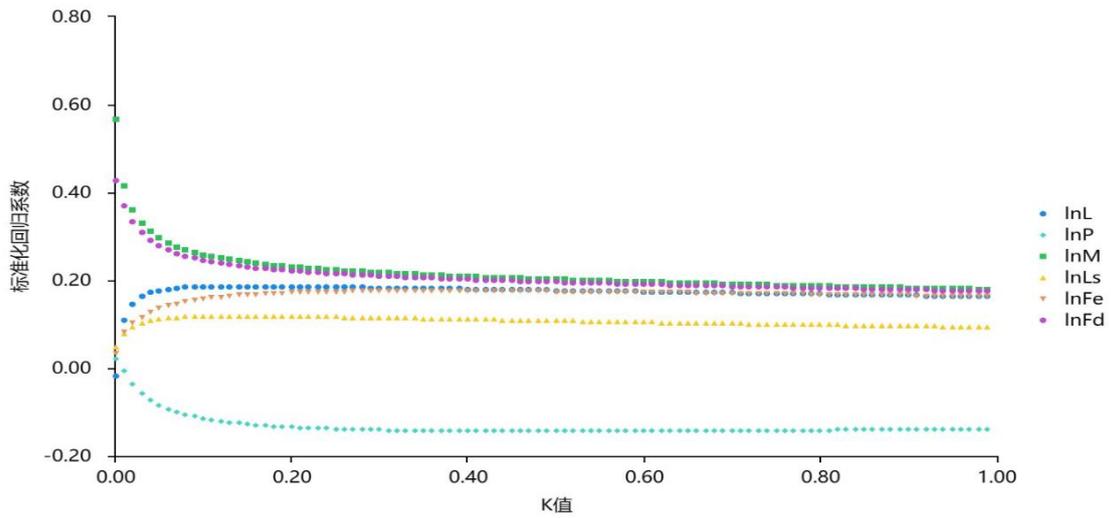


图 3.5 中国岭回归全部解释变量的岭迹图

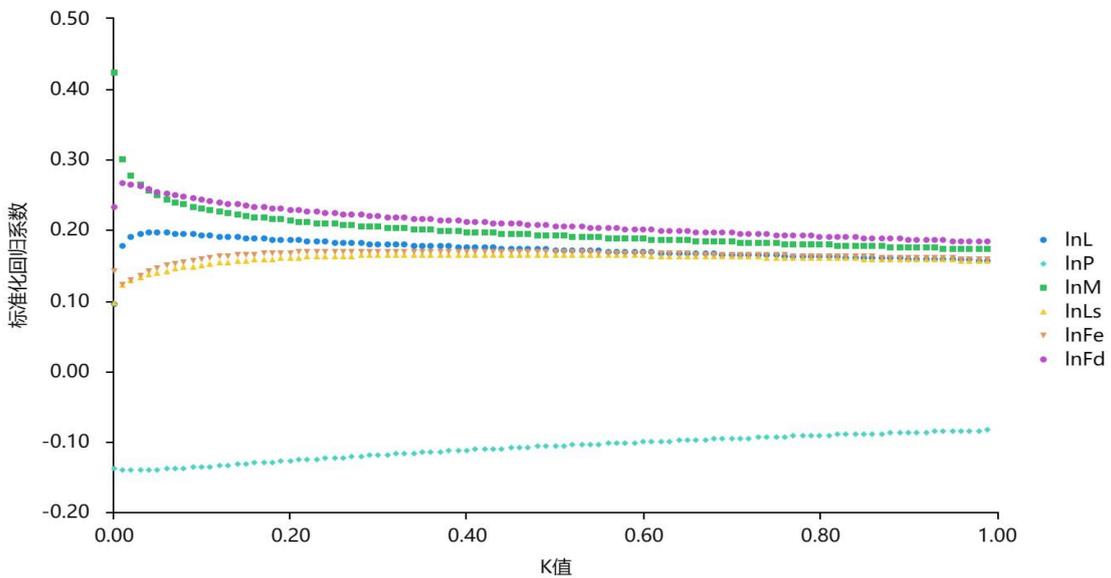


图 3.6 印度岭回归全部解释变量的岭迹图

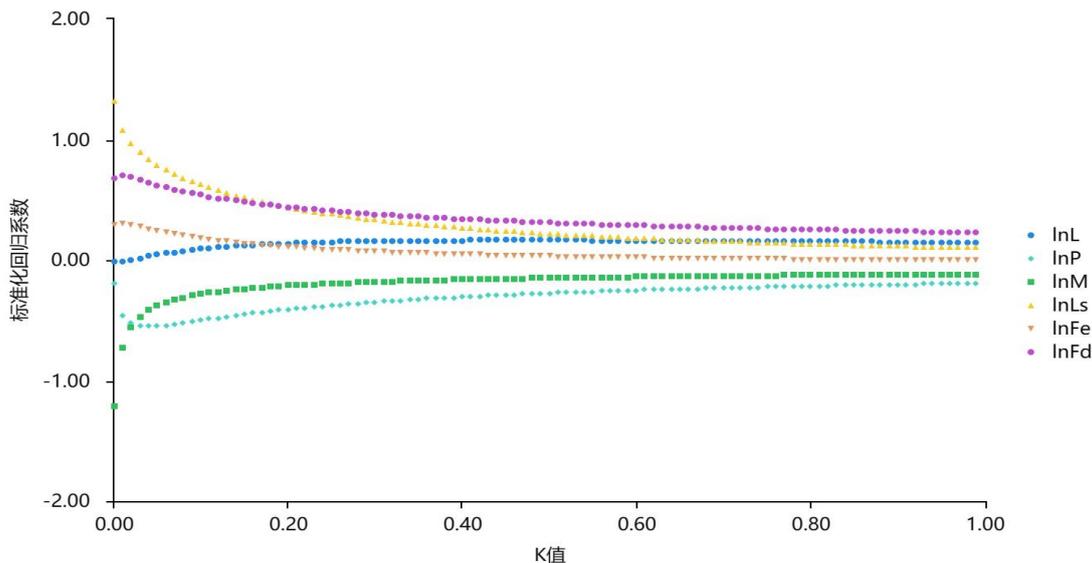


图 3.7 德国岭回归全部解释变量的岭迹图

表 3.5 是以 $\ln P$ 、 $\ln L$ 、 $\ln M$ 、 $\ln Ls$ 、 $\ln Fe$ 、 $\ln Fd$ 作为自变量， $\ln Y$ 作为因变量的岭回归和方差膨胀系数 (VIF) 结果。对中国而言，岭参数 $K = 0.2$ 时回归系数趋于稳定；模型调整 R^2 为 0.988，接近于 1，表明方程拟合优度较好；模型通过 F 检验 ($F=544.046$, $p=0.000 < 0.05$)；方差膨胀系数均小于 10；得到的回归方程为： $\ln Y = -21.905 + 2.095\ln L - 0.188\ln P + 0.174\ln M + 0.617\ln Ls + 0.294\ln Fe + 0.195\ln Fd$ 。对印度而言，岭参数 $K = 0.2$ 时回归系数趋于稳定；调整的 R^2 为 0.989，接近于 1，表明方程拟合优度较好；模型通过 F 检验；得到的回归方程为： $\ln Y = -10.081 + 1.103\ln L - 0.488\ln P + 0.096\ln M + 1.129\ln Ls + 0.165\ln Fe + 0.196\ln Fd$ 。对德国而言，岭参数 $K = 0.2$ 时回归系数趋于稳定；调整的 R^2 为 0.623，意味着 $\ln P$ 、 $\ln L$ 、 $\ln M$ 、 $\ln Ls$ 、 $\ln Fe$ 、 $\ln Fd$ 可以解释 $\ln Y$ 的 62.3% 变化原因，方程拟合优度较好；模型通过 F 检验 ($F=12.582$, $p=0.000 < 0.05$)；得到的回归方程为： $\ln Y = 4.711 + 0.729\ln L - 0.064\ln P - 0.045\ln M + 0.235\ln Ls + 0.043\ln Fe + 0.221\ln Fd$ 。

表 3.5 中国、印度、德国的岭回归结果及共线性检验

lnY	中国		印度		德国	
	回归系数	VIF 值	回归系数	VIF 值	回归系数	VIF 值
lnL	2.095*** (15.578)	0.359	1.103** (15.153)	0.423	0.729 (1.466)	0.717
lnP	-0.188*** (-8.859)	0.582	-0.488*** (-8.425)	0.646	-0.064*** (-4.150)	0.775
lnM	0.174*** (19.114)	0.369	0.096*** (21.222)	0.286	-0.045*** (-3.171)	0.356
lnLs	0.617*** (7.124)	0.697	1.129*** (9.452)	0.814	0.235*** (4.077)	0.933
lnFe	0.294*** (9.687)	0.792	0.165*** (12.877)	0.478	0.043 (0.965)	0.998
lnFd	0.195*** (16.022)	0.484	0.196*** (19.719)	0.379	0.221*** (4.109)	0.911
cons	-21.905*** (-12.285)	—	-10.081*** (-6.991)	—	4.711 (1.034)	—
调整 R ²	0.988		0.989		0.623	
F 值	F (6, 24)=417.478 p=0.000		F (6, 24)=465.687 p=0.000		F (6, 24)=9.278 p=0.000	

注：* p<0.05 ** p<0.01 括号里面为 t 值。

(3) 农业生产要素贡献的结果分析

结合表 3.4 和表 3.5，得到中国、印度、美国和德国的最终模型，分别如下：

中国： $\ln Y = -21.905 + 2.095\ln L - 0.188\ln P + 0.174\ln M + 0.617\ln Ls + 0.294\ln Fe + 0.195\ln Fd$ ；

印度： $\ln Y = -10.081 + 1.103\ln L - 0.488\ln P + 0.096\ln M + 1.129\ln Ls + 0.165\ln Fe + 0.196\ln Fd$ ；

德国： $\ln Y = 4.711 + 0.729\ln L - 0.064\ln P - 0.045\ln M + 0.235\ln Ls + 0.043\ln Fe + 0.221\ln Fd$ ；

美国： $\ln Y = 54.133 - 3.289\ln L + 0.353\ln P - 0.179\ln M - 0.342\ln Ls - 0.070\ln Fe + 0.537\ln Fd$ 。

土地、劳动力、机械、牲畜、肥料、饲料投入对农业产出增长的贡献率分别为各个投入要素回归方程系数乘以相应投入要素年均增长率在除以农业产出量的年均增长率，计算得到 1990-2020 年中国、印度、德国和美国的农业产出量的年均增长率分别为 3.678%、2.937%、1.307%、-0.195%，各个投入要素 1990-2020 年的年均增长率及对农业产出增长的贡献情况见表 3.6。

表 3.6 1990-2020 年农业投入要素年均增长率及对农业产出增长的贡献率

要素	年均增长率 (%)				贡献率 (%)			
	中国	印度	德国	美国	中国	印度	德国	美国
土地	0.29	0.46	-0.15	-0.35	16.46	17.21	54.82	87.62
劳动力	-2.51	-0.06	-3.14	-0.37	12.82	1.01	-103.21	-9.88
机械	4.29	6.20	-2.75	-0.63	20.31	20.25	-63.45	8.59
牲畜	0.42	0.39	-1.38	0.26	7.01	15.12	165.89	-6.8
肥料	1.64	3.04	-1.68	0.38	13.15	17.06	36.98	-2.03
饲料	4.73	3.60	0.48	0.46	25.08	24.01	-54.53	18.76

① 从规模报酬视角分析

中国 ($\alpha+\beta+\gamma+\eta+\delta+\varphi=3.817>1$)、印度 ($\alpha+\beta+\gamma+\eta+\delta+\varphi=2.201>1$) 和德国 ($\alpha+\beta+\gamma+\eta+\delta+\varphi=1.119>1$) 1990-2020 年农业要素对农业产出呈现规模报酬递增, 而美国 ($\alpha+\beta+\gamma+\eta+\delta+\varphi=-2.990<1$) 1990-2020 年农业生产要素对农业产出呈现规模报酬递减, 这可能是由美国的大农场模式引起的, 由于扩大了农场规模, 使得生产的各个方面难以得到有效的协调, 从而降低了生产效率; 而对于实施小农经济的中国和印度来讲, 相比美国拥有更多的劳动力来实现土地资源相对匮乏的生产效益, 使得生产效率相对较高; 对于人地矛盾不突出的德国来讲, 人均耕地资源均衡, 且是机械技术和生物技术交错的农业发展模式, 资源得到有效配置, 就会提高生产效率, 但农业机械带来较高的成本投入也会使得其最终的收益相对于中国和印度而言较低 (见表 3.4、表 3.5)。

② 从模型系数视角分析

中国、印度和德国的农业劳动力对农业产出增长有负向显著作用, 岭回归系数分别为-0.188、-0.488、-0.064, 均在 1% 的水平上显著, 说明随着农业劳动力的边际投入, 并不能显著的促进农业产出增长; 对于“人多地少”的中国和印度来讲, 随着农业现代化的发展, 农业资本投入中机械投入逐渐对劳动力有替代性, 但也存在开展大规模机械化和现代化农业之后, 机械替代劳动力的速度赶不上农业劳动力流失的速度而导致农业劳动力非常短缺的问题。而美国是“人少地多”的国家, 人均耕地资源丰富, 劳动力的边际投入能够显著的促进美国农业产出增长, 由 OLS 回归系数结果显示, 农业劳动力的系数为 0.353, 在 1% 的水平上显著, 而农业土地的系数为-3.289, 在 1% 的水平上显著, 说明美国农业土地的边际投入对农业产出增长具有抑制作用, 可通过提升农业劳动力来

促进农业产出增长（见表 3.4、表 3.5）。

中国和印度的农业机械对农业产出增长有正向显著作用，当中国的农业机械投入每增加 1 个单位，将会促使中国的农业总产值增加 0.174 个单位，当印度的农业机械投入每增加 1 个单位，促使印度的农业总产值增加 0.096 个单位；德国的农业机械对农业产出增长显著抑制作用，岭回归系数为-0.045；美国的农业机械对农业产出增长没有影响，OLS 回归系数为-0.179。虽然美国农民对新型农具的需求非常旺盛，这使得收割机等农业机械产品的技术和效率大大提升，但近年由于受到贸易形式及供应过剩的影响，美国农产品价格持续走低，农民收入的降低，造成了农民对农机购买需求的减少，这可能是美国农业机械投入的持续下降导致对农业产出影响不显著的主要原因（见表 3.4、表 3.5）。

从农业牲畜存栏总量、农业肥料、农业饲料这三个要素投入系数来看，印度的农业牲畜存栏总量的弹性系数在四个国家中最高，中国的农业肥料投入的弹性系数在四个国家中最高，美国的农业饲料投入的弹性系数在四个国家中最高。美国的农业牲畜存栏总量和农业饲料投入对美国农业产出的增长影响不显著，德国的农业肥料对德国的农业产出的增长影响不显著。中国和德国的农业产出增长对农业牲畜库存总量较为敏感，印度的农业产出增长对农业牲畜存栏总量最为敏感（见表 3.4、表 3.5）。

③ 从农业生产要素的年均增长率视角分析

1990-2020 年中国和印度的土地要素年均增长率为正，且印度土地年均增长率比中国高 0.17 个百分点，美国和德国的土地要素年均增长率为负；1990-2020 年 4 个国家的农业劳动力均呈现下降趋势，且德国下降的最明显，其次为中国、印度的农业劳动力减少幅度较小，其年均增长率仅为-0.06%；1990-2020 年印度的农业机械年均增长率最高，比中国高 1.91 个百分点，美国的农业机械库存总量稍有下降，但是下降幅度较小，其年均增长率仅为-0.63%，而德国的农业机械库存总量下降较为明显，其年均增长率为-2.75%；1990-2020 年中国、印度和美国的牲畜和肥料要素的年均增长率均为正，德国的则为负，其中，值得注意的是印度的肥料年均增长率高达 3.04%；1990-2020 年 4 个国家的农业饲料年均增长率均为正，其中中国和印度的农业饲料年均增长远高于美国和德国，美国和德国的年均增长率几乎持平（见表 3.6）。

④ 从农业要素对农业产出增长的贡献视角分析

中国和印度的农业饲料和农业机械对农业产出增长的贡献相对较高，且贡献率大小基本一致；美国的则是土地要素对农业产出增长的贡献最高，高达 87.62%，而农业劳动力、牲畜和肥料对农业产出增长的贡献率为负；德国则是农业牲畜对农业产出增长的贡献相对最高，高达 165.89%，农业劳动、机械和饲料对农业产出增长的贡献率则为负（见表 3.6）。

美国得益于丰富的土地资源，其土地投入要素对农业产出增长的贡献在四国中遥遥领先；中国和印度因土地资源缺乏，它们的土地投入要素对农业产出增长的贡献相较美国而言至少低 70 个百分点。从劳动力对农业产出增长的贡献来看，中国对劳动力的投入远高于其他三国，贡献率为 12.82%，印度的劳动力投入对农业产出增长的贡献仅为 1.01%，而美国和德国的劳动力投入对农业产出增长的贡献更低甚至为负。从农业机械对农业产出增长的贡献来看，中国的农业机械的贡献率在四国中最高（20.31%），比印度的农业机械贡献率高 0.06 个百分点，比美国的农业机械贡献率高 11.72 个百分点，德国的农业机械贡献率则为负；中国和印度在农业现代化的进程中已从低投入的传统农业向高投入的现代化农业过渡，这说明中国农业发展已进入由机械驱动的关键阶段。从农业牲畜和农业肥料对农业产出增长的贡献来看，德国的贡献率均远高于其余三国。中国的农业肥料对农业产出增长的贡献高于其余三国（见表 3.6）。

4 人口红利与人力资本红利模式转换分析

人口红利是人口规模、结构优化和人力资源提升等因素共同作用的结果。本文从人口规模、人口年龄结构和总人口抚养比反映人口数量红利，借鉴杨艳琳等（2016）以抚养比低于 50%即为人口红利期的标准从人口红利开始年份、人口红利拐点、人口红利消失年份和人口红利窗口期长度对比分析中、印、德、美四国的人口红利；从教育公共开支和平均受教育年限两个方面分析人口质量红利。结合上述人口红利和人力资本现状分析，对人口红利与人力资本红利模式转换进行总结分析。

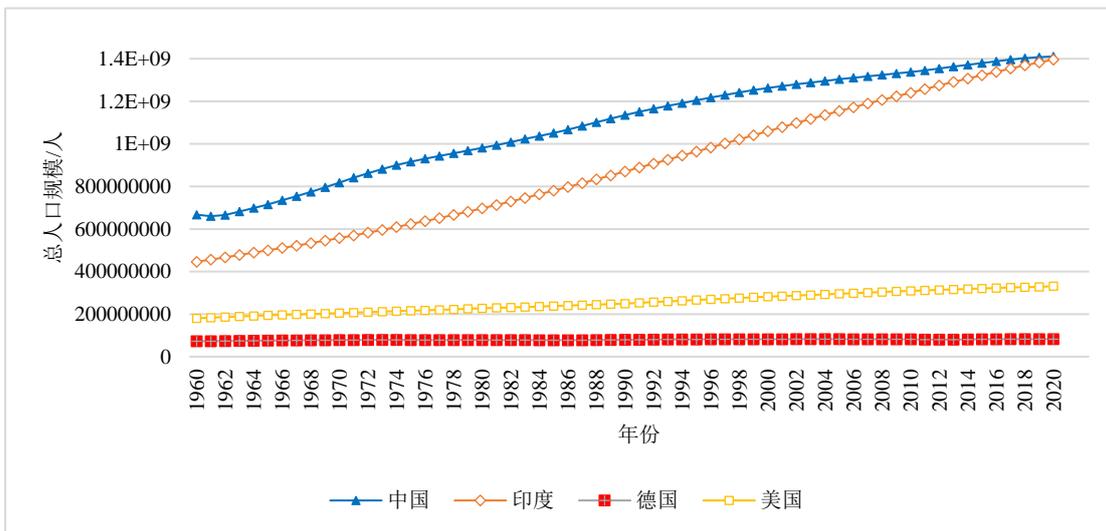
为了能够更全面的分析人口红利与人力资本红利现状及转换模式，人口红利相关数据的年份从可搜集到的最早数据年份 1960 年开始，数据范围包含 1960-2020 年；人力资本指标因各个国家数据的可获得性，最早可覆盖的数据从 1990 年开始，为了不影响由缺失数据带来的偏差，并对少数人力资本指标缺失数据进行线性插补处理。

4.1 人口红利现状分析

4.1.1 人口规模现状分析

中国和印度人口规模基数大且呈直线上升趋势，美国和德国人口规模基数小呈缓慢增长趋势。作为世界人口大国的中国和印度，人口总量远超前于德国和美国；人口数量仅次于中国的印度，印度和中国的人口总量差距逐渐在缩小，两国人口总量的差距从 1960 年的 2.2 亿人逐渐缩减为 2020 年的 0.147 亿人；美国作为发达国家人口最多的国家，1960 年的人口总量为 1.8 亿人，2020 年的人口总量为 3.3 亿人；德国人口总量是四国中最少的，但在世界人口的占比也相对靠前，其 1960 年的人口总量为 0.7 亿人，2020 年的人口总量为 0.8 亿人。就人口总量的增长速率而言，发展中国家的中国和印度与发达国家的德国和美国的人口规模增长呈现两种不同的发展前景，中国和印度的人口从 1960-2020 年实现快速增长，德国和美国的人口处于稳步增长态势；据联合国预测，未来中国人

口增速急速下滑，印度人口增速依然持续提高，印度人口将会超过中国人口成为世界上最大的人口大国，美国和德国的人口数不会有明显的变化趋势。为此，中国需要应对即将出现人口负增长现状，抓住其中蕴含的机遇与挑战，在努力减缓人口负增长现状的同时有效提高人口素质（见图 4.1）。



资料来源：世界银行

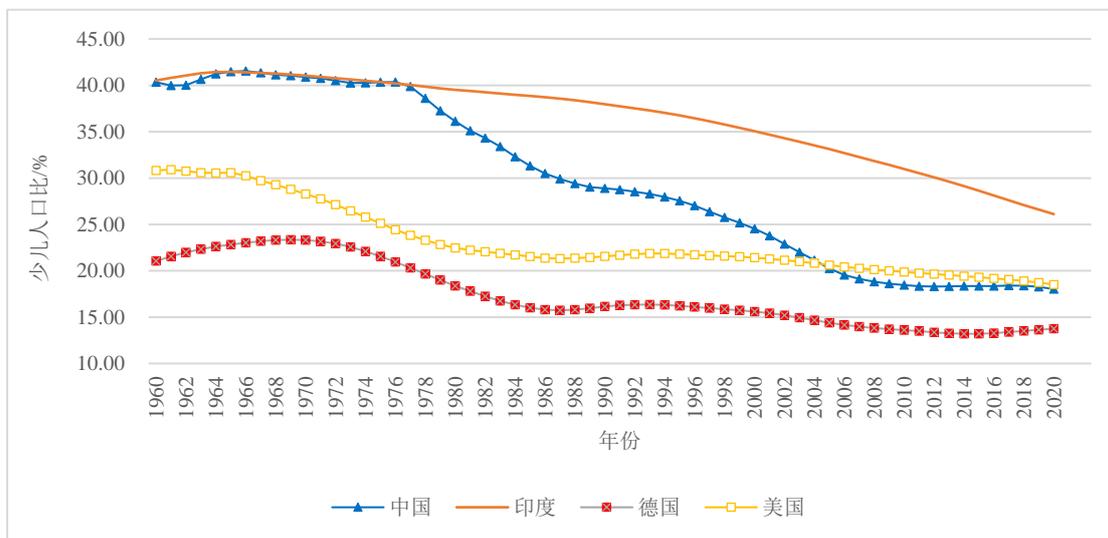
图 4.1 1960-2020 年总人口规模

4.1.2 人口年龄结构现状分析

(1) 少儿人口比例现状分析

中国、印度、德国和美国 0-14 岁少儿人口比例不断减少，趋于少子化。1960 年：印度少儿比例最高，为 40.52%；中国少儿比例仅比印度少 0.176 个百分点；德国少儿比例最低，为 21.06%。1960-2020 年期间：中国少儿比例下降趋势明显，1960-1977 年稳定在 40% 左右，1977 年开始后中国少儿比例呈现迅速下降趋势，且在 2005 年开始中国少儿比例开始低于美国水平；印度的少儿人口比例则稳定缓慢下降；美国 1960-1966 年少儿比例在 30% 左右，1967-1985 年呈现较为明显下降趋势，1985 年后基本趋于稳定，2010 年开始下降到 20% 以下；德国少儿人口比例在前期与其他国家不同，1960-1969 年呈现上升趋势，1970-1985 年呈现明显下降趋势，1986 年后德国少儿比例稳定在 15% 左右，但总体上

依然有下降趋势。2020 年：印度少儿比例依然最高，为 26.11%；中国的少儿比例与美国基本持平；德国少儿人口比例依然最低，为 13.75%（见图 4.2）。

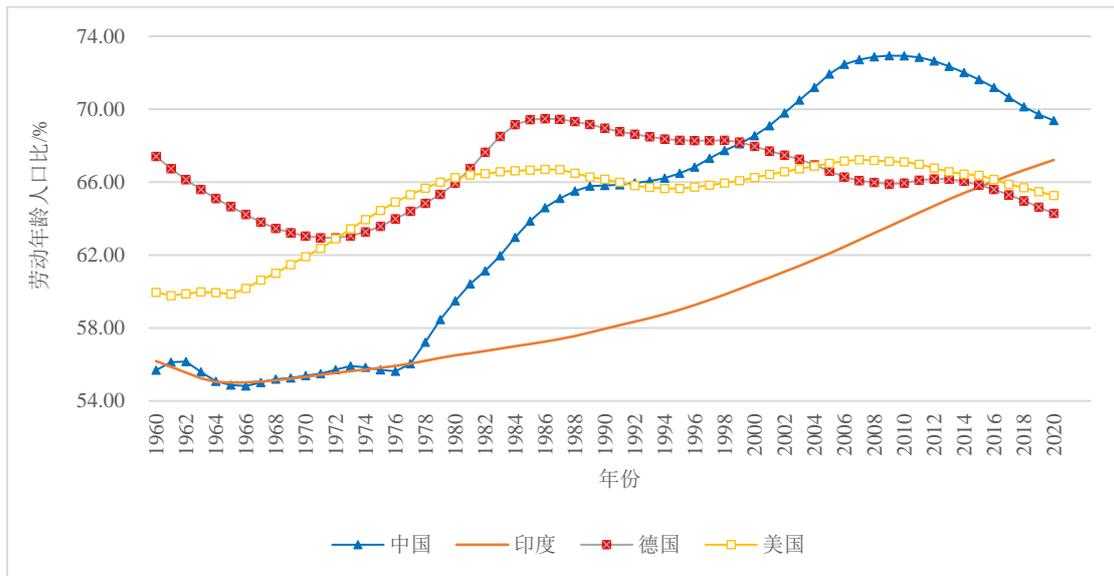


资料来源：世界银行

图 4.2 1960-2020 年 0-14 岁少儿人口比例

(2) 劳动年龄人口比例现状分析

中国、德国和美国 15-64 岁劳动年龄人口比例变动幅度较大，近十年呈现下降趋势，印度的劳动年龄人口持续上升。1960 年：德国的劳动年龄人口比例高达 67.41%，美国次之；中国的劳动年龄人口比例最低，为 55.69%，比印度低 0.5 个百分点。1960-2020 年期间：中国的劳动年龄人口比例线条在 1960-1976 年期间与印度基本重合，其值在 55% 左右，在 1976-2009 年期间中国劳动年龄人口比例实现量的飞跃，分别在 1978 年赶超印度、在 1992 年赶超美国、在 2000 年赶超德国，在 2009 年中国劳动年龄人口比例达到 72.97% 的峰值；印度 1960-1965 年间的劳动年龄人口比例稍有下降，但在 1966 年开始后呈现稳步直线上升趋势；德国 1960-1971 年的劳动年龄人口比例持续下降，在 1971 年达到最低比例，为 62.95%，1972-1986 年开始回升，在 1986 年达到 69.48% 的，1987 年之后德国劳动年龄人口比例缓慢下降，分别在 2005 年低于美国、在 2016 年低于印度；美国劳动年龄人口比例整体有所增加，但在 2008 年开始有缓慢下降趋势，在 2020 年下降到 65.27%（见图 4.3）。

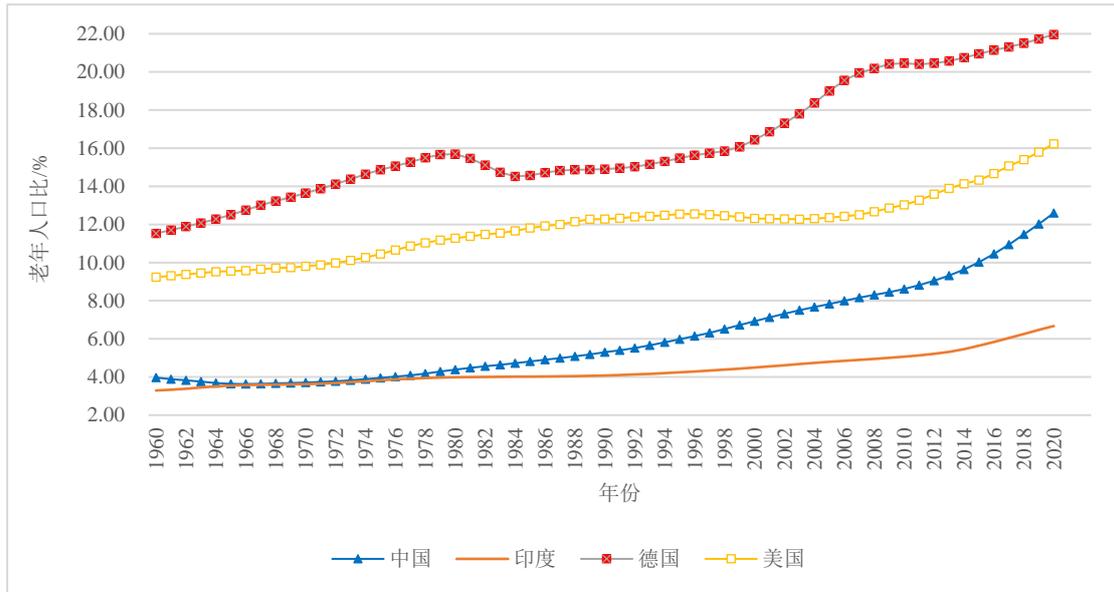


资料来源：世界银行

图 4.3 1960-2020 年 15-64 岁劳动年龄人口比例

(3) 老年人口比例现状分析

中国、印度、德国和美国 65 岁以上老年人口比例持续提升，趋于老龄化。1960 年：德国老年人口比例最高，为 11.53%，高于美国 2.3 个百分点；中国和印度的老年人口比例在 5% 以下。1960-2020 年期间：中国和德国的老年人口比例变动幅度较大且增长速度快，2020 年较 1960 年相比，中国增加了 9.31 个百分点，德国则增加了 10.43 个百分点，美国增加了 6.99 个百分点，印度仅增加了 3.38 个百分点（见图 4.4）。



资料来源：世界银行

图 4.4 1960-2020 年 65 岁及以上老年人口比例

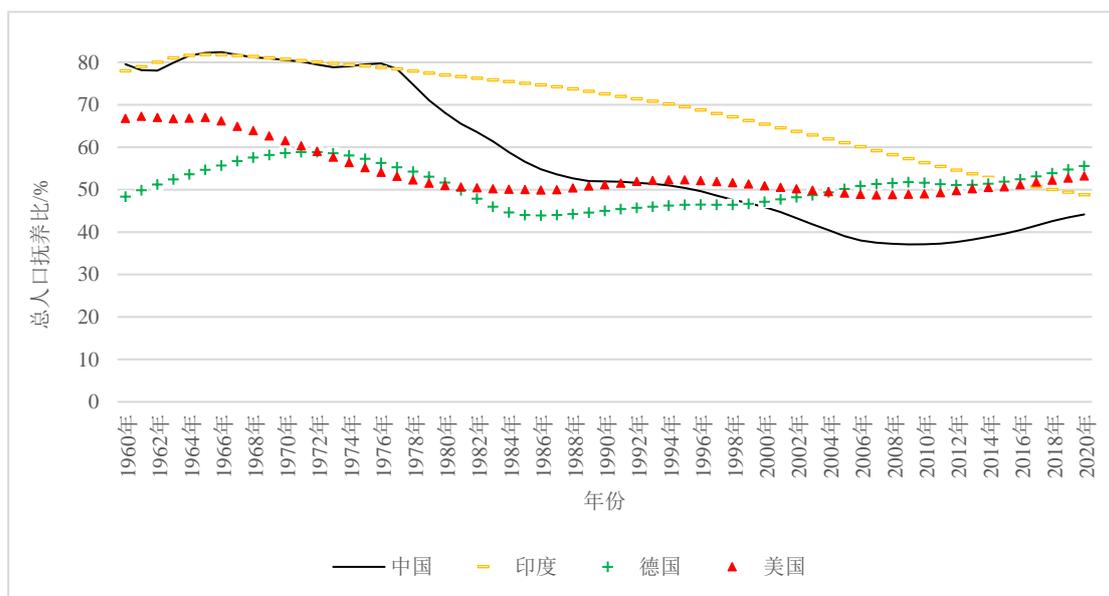
依据联合国对老龄化划分标准：65 岁以上人口比例超过 7% 时为进入老龄化阶段，7%-14% 为轻度老龄化阶段，14%-20% 为中度老龄化阶段，20 以上为重度老龄化阶段。中国在 2001 年开始进入老龄化阶段，目前正处在轻度老龄化阶段，2020 年中国老年人口比例为 12.60%；1960-2020 年印度老年人口比例在 7% 以下，未进入老龄化阶段，2020 年印度老年人口比例为 6.67；德国和美国从 1960 年开始就已经进入老龄化阶段，不同的是美国目前还未进入重度老龄化阶段，但德国在 2008 年开始就已经进入了重度老龄化阶段（见表 4.1）。综上所述，除了印度，中国、德国和美国均在不同程度上面临着老龄化加剧带来的一系列社会经济问题。

表 4.1 人口老龄化阶段比较

	中国	印度	德国	美国
进入老龄化阶段	2001 年	未进入老龄化	1960 年	1960 年
轻度老龄化阶段	2001-2020 年	未进入轻度老龄化	1960-1971 年	1961-2013 年
中度老龄化阶段	未进入中度老龄化	未进入中度老龄化	1972-2007 年	2014-2020 年
重度老龄化阶段	未进入重度老龄化	未进入重度老龄化	2008-2020 年	未进入重度老龄化

4.1.3 总人口抚养比现状分析

人口总抚养比的定义为依赖型人口（0-14 岁人口、65 岁及以上人口之和）与劳动年龄人口（15-64 岁人口）之比。由图 4.5 可知，中国和美国的总抚养比自 1960 年开始有不同程度的下降，但在近 10 年均在不断上升，其中老年人口比例的快速上升和劳动年龄人口比例的快速下降是两国总抚养比增长的主要因素；印度 1960-2020 年的总抚养比趋于直线下降趋势，这是因为印度少子化和还未进入老龄化阶段；德国 1960-2020 年的总抚养比，呈现迅速上升-迅速下降-缓慢上升的趋势，这种变动趋势是由于德国劳动年龄人口迅速下降-迅速上升-缓慢下降趋势所带动的，2020 年德国的总抚养比在四国中最高，这是德国早已进入重度老龄化社会的必然结果。



资料来源：世界银行

图 4.5 1960-2020 年总人口抚养比

依据国际上选取总抚养比作为衡量人口红利的主要指标，以抚养比低于 50% 为人口红利期作为判断标准。中国正处于人口红利期、印度 2019 年进入人口红利期、德国和美国已经失去人口红利（见图 4.5，表 4.2）。中国人口抚养比在 1990-1995 年间一直在 51% 左右，1996 年首次向下突破 50%，人口红利窗口打开；2009 年达到抚养比最低为 37.1%，至今中国人口红利还未消失；2010-2020

年，抚养比逐年上升；按照《中国人口预测报告 2023》高、中、低的总抚养比预测值，分别在 2035 年、2036 年、2038 年中国总抚养比超过 50%，对应人口红利窗口期在 39-42 年之间。印度人口转变相对滞后，在 2019 年进入人口红利期。德国虽然进入人口红利的时间比美国早，但人口红利窗口长度却比美国少 3 年。

表 4.2 人口红利窗口比较

	中国	印度	德国	美国
人口红利开始年份	1996 年	2019 年	1981 年	1986 年
人口红利拐点	2010 年	—	1987 年	2008 年
人口红利消失年份	2035 年*/2036 年**/2038 年***	—	2005 年	2013 年
人口红利窗口长度	39 年/40 年/42 年	—	24 年	27 年

资料来源：根据图 4.5 的数据整理可得。其中*为中国《中国人口预测报告 2023》按高预测的值，**为中预测值，***为低预测值。

4.2 人力资本现状分析

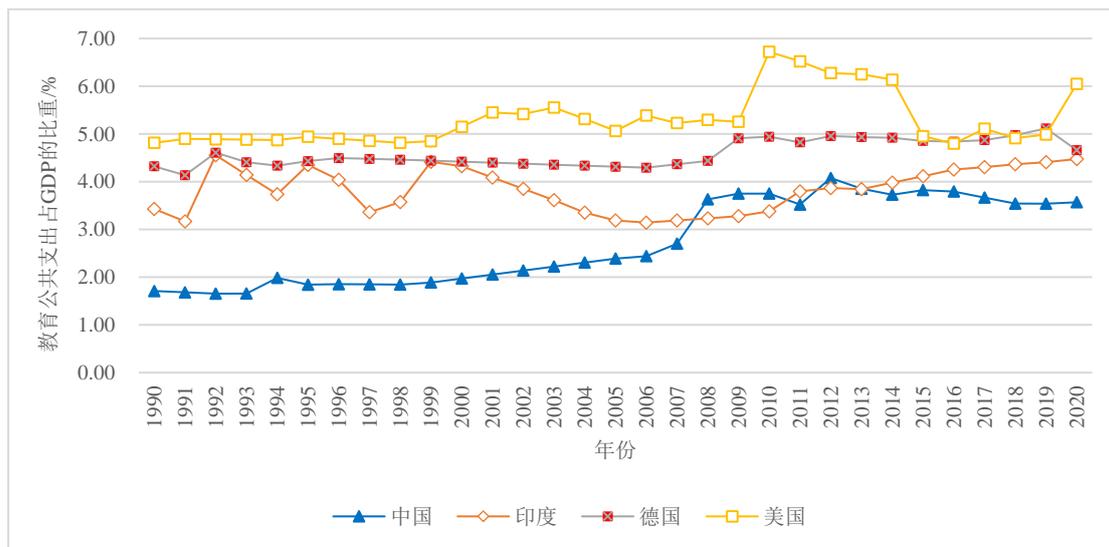
公共财政教育支出决定各国的公民受教育水平，人口的平均受教育水平决定一个国家的劳动者生产效率^②。本文以教育公共支出占 GDP 的比重和人均教育公共支出总额来反映公共财产教育支出，以平均受教育年限来反映人口的平均受教育水平。其中，教育公共支出占 GDP 的比重数据来源于世界银行数据库，缺失数据进行线性插补；人均教育公共支出是按在校学生人数平均的教育公共开支，教育公共开支是以 1990 年为 100 的居民消费者价格指数经过平减后的实际教育公共开支；所涉及数据现状分析见图 4.6、图 4.7 和图 4.8；平均受教育年限在 OECD 数据库下载，缺失数据查询历年《人类发展报告》进行补充。

4.2.1 教育公共支出现状分析

中国教育公共支出占 GDP 的比重持续低于印度。出现这种情况的原因是中国 GDP 远高于印度，但在教育事业方面，早期印度受西方教育思想和实践影

^②中国首席经济学家论坛理事、华安基金首席经济学家林采宜表示，面临老龄化叠加、低出生率，提升人均受教育水平是中国最后也是最重要的人口红利。

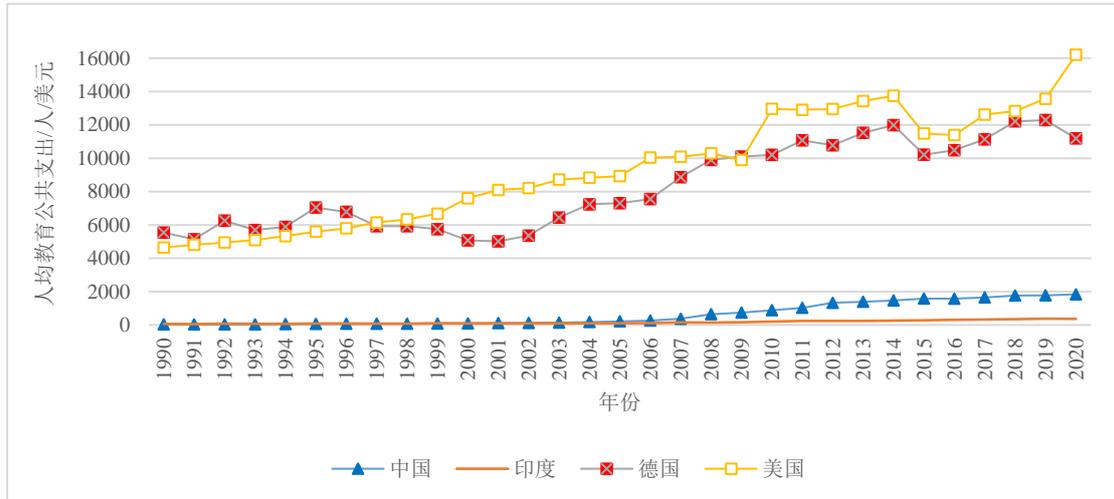
响较深，所以从一开始印度的教育事业起点高于中国；在后续的发展中，中国和印度两国都高度重视教育事业的发展；但由于历史基础条件的原因，印度高校在高等学校、高级中学、初级中学、小学的数量上远超过中国，从而印度的教育公共支出占 GDP 的比重优于中国。德国的教育公共支出占 GDP 比重在 4%-5%，低于美国水平（见图 4.6）。



资料来源：EPS 数据库整理

图 4.6 1990-2020 年教育公共支出占 GDP 的比重

作为人口大国的中国和印度，人均教育公共支出远低于发达经济体的德国和美国，但印度的人均教育公共支出却低于中国，这主要是因为印度的种族制度、贫穷、童工问题、女性地位问题等使得印度按人口平均的公共教育经费低于中国。1990 年中国人均教育公共支出仅为 31.16 美元，与德国和美国差距巨大；2020 年中国人均教育公共支出超过印度且为印度的 6 倍，与德国和美国的差距在缩小，为美国的九分之一，为德国的六分之一（见图 4.7）。

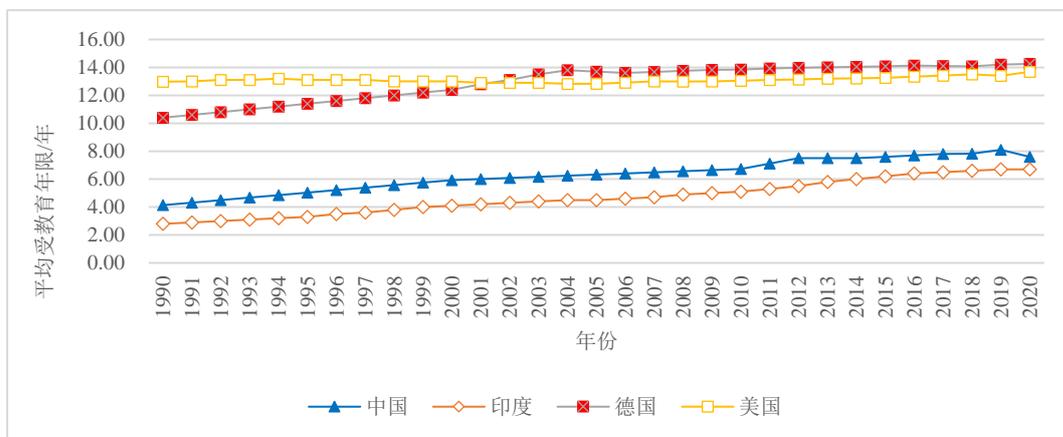


资料来源：人均教育公共支出=教育公共支出总额/在校生人数；教育公共支出数据来源于世界银行，在校生人数来源于 EPS 数据库整理

图 4.7 1990-2020 年人均教育公共支出

4.2.2 平均受教育年限现状分析

根据 OECD 对各国平均受教育年限的测算，中国 25 岁以上人口平均受教育年限水平从 1990 年的 4.14 年上升到 2020 年的 7.6 年，在 2019 年达到峰值，为 8.1 年；印度水平则一直低于中国水平，从 1990 年的 2.8 年上升到 2020 年的 6.7 年；发达国家的美国和德国的平均受教育年限远高于中国和印度，其中，美国的人均受教育年限水平一直保持在 13 年左右；德国的平均受教育年限在 1990-2004 年由 10.4 上升到了 13.8，在 2005 年以后维持在 14 年左右（见图 4.8）。



资料来源：OECD 统计数据库；历年《人类发展报告》

图 4.8 1990-2020 年 25 岁以上人口平均受教育年限

4.3 人口红利与人力资本红利模式转换分析

4.3.1 中国的模式转换分析

模式转换特征：中国人口红利未消失且教育水平正在实现跨越。在中国人口红利拐点 2010 年，中国劳动年龄人口占比达到 72.93% 的峰值；教育公共开支占 GDP 的比重（3.75%）迅速提升；人均教育公共开支自 2010 年起也有明显的提升；平均受教育年限的提升速率显著，比 1990 年提高 2.59 年。表明中国进入人口红利拐点就已经抓住了人口优势，人口受教育水平明显提高，人口素质不断提升，但劳动年龄人口比例从 2010 年的 72.93% 下降到 2020 年的 69.38%，老年人口比例从 2010 年的 8.62% 上升到 2020 年的 12.60%，2020 年的总抚养比低于 50%，说明中国的人口红利还未消失，但也要预防人口抚养比的持续提升所带来的人口红利消失的冲击。党的二十大报告明确给出方向：“必须促进人口红利向人才红利的转变”，劳动年龄人口比重虽在下降但依然在较高的水平，所以我国必须积极应对劳动年龄人口和老年人口的变化，统筹考虑规模和结构的变动特征，把关注点从人口红利转向人才红利，把握机遇，积极推进经济发展方式转变和产业结构升级。

4.3.2 印度的模式转换分析

模式转换特征：印度在 2019 年进入人口红利且教育水平相对落后。2020 年印度人口规模高达 13.96 亿人，即将赶超中国的 14.11 亿人口；2023 年 1 月 1 日，中印人口规模差距再度缩小，据联合国保守预测，印度人口最迟在 2024 年超越中国。虽然印度人口规模在增长，但其人口转变相对滞后，利用人口红利优势的起始点晚于中国，在 2019 年才进入人口红利期，人口结构优势才逐渐显现。印度少儿人口比例迅速下降、劳动年龄人口急速上升、老年人口稳步上升，总抚养比已经降到 50% 以下。印度的教育公共开支占 GDP 的比重略高于中国，但人均教育公共开支和平均受教育年限远低于中国，主要原因是高等教育与职业要求匹配度不够高以及相关带动就业的能力不足，从而导致教育质量较弱。本

文的数据显示结果与钱峰^③的相关结果一致，即表明印度具有的人口优势只是客观存在的数量优势，要转化为人口红利带来经济效益，需要完善教育和培训以提高年轻人的素质和技能，通过提升基建水平、改善营商环境来吸引更多的投资，通过加速制造业发展和优化产业结构来创造更多就业，那么印度将有望释放人口红利。

4.3.3 德国的模式转换分析

模式转换特征：德国人口红利在 2005 年消失且教育水平优越。德国人口红利开始年份为 1981 年，人口红利拐点（抚养比上升）为 1987 年，人口红利消失年份为 2005 年，人口红利窗口长度为 24 年。自 1981 年进入人口红利开始，少儿比下降速率达到最快、劳动年龄人口占比达到峰值、老年人口开始有所下降；到 2005 年人口红利消失，少儿比下降到 15% 以下、劳动年龄人口也下降到 66% 以下，老年人口上升速率最快。伴随着德国人口红利的消失，从人口红利便转向了人力资本的发展，2005 年开始德国教育公共开支占 GDP 的比重稳定在 4.3% 左右且与美国差距较小，人均教育公共开支比之前有明显上升，平均受教育年限在 2005 年上升到最大值，且均高于其他三国。从德国的发展来看，人口红利消失的开始即为人才红利发展的转折点。德国的教育水平也一直稳定在较高的水平，因德国双元制为代表的职业教育使其跻身世界强国之列。德国早已实现了由人口红利向人才红利转型，目前德国最大的困境是自 2008 年开始就已经进入到重度老龄化阶段，且 2020 年老龄化程度依然在加剧，少子化趋势也在加剧。为了应对人口问题德国采取了有效措施：建立养老、医疗、护理等五支柱社会保障体系；发放多重育儿津贴；制定法定医疗保险与长期护理保险专设的友好性养老金制度；在法律层面开设难民就业引导项目等。

4.3.4 美国的转换模式分析

模式转换特征：美国人口红利在 2013 年消失且教育水平保持高标准。美国

^③太和智库高级研究员、清华大学国家战略研究院研究员钱峰在 21 世纪经济报道中分享了有关印度人口及人口红利现状。

人口红利开始年份为 1986 年，人口红利拐点（抚养比上升）为 2008 年，人口红利消失年份为 2013 年，人口红利窗口长度为 27 年。美国与德国则不同，德国是在人口红利消失开始对人力资本的投入有明显的提升，美国则在人口红利拐点也就是人口抚养比开始上升的时候就抓住人口优势，大力提高人力资本投入发展教育水平，即在 2008 年开始，美国教育公共支出占 GDP 的比重提升速率和人均教育公共支出均大幅提升。依据美国和德国的经验，人口红利消失并不是坏事，人才红利才是国家经济增长的最大引擎，美国的平均受教育年限一直稳定高于发达国家 12 年的平均水平。美国目前也面临着人口老龄化问题，虽然美国进入老龄化时间较早，但老龄化进程缓慢；中国虽然较晚迈入老龄化国家，但老龄化速度快且程度高。因此要在劳动年龄人口素质上下功夫，实现人口红利到人才红利的转变，美国除了吸引优秀人才移民、鼓励创新外，还在持续培养高质量人才，以保持长盛不衰的国家硬实力和软实力。

5 人口红利与人力资本红利模式转换对农业 TFP 的影响

本文第三部分农业 TFP 及其要素贡献的测度、第四部分人口红利与人力资本红利模式转换的分析，为此部分探究人口红利与人力资本红利模式转换对农业 TFP 影响的实证研究奠定基础。基于前述相关文献总结和相关理论梳理，通过人口红利→农业 TFP、人力资本→农业 TFP 和人口红利+人力资本→农业 TFP 这三种机制作用检验人口红利与人力资本红利模式转换对农业 TFP 的影响。

5.1 模型设定

5.1.1 人口红利对农业 TFP 影响的模型设定

据联合国人口基金会的年度报告显示，部分国家出现劳动人口比重下降、人口老龄化上升，使得人口红利对经济增长的推动作用逐渐消失。此时经济增长就会由人口红利向全要素生产率的增长模式转变，从而保持经济的持续稳定增长（郑绪涛，2017）。本文根据现有理论与全要素生产率表明，探讨人口红利对农业 TFP 的影响，采用固定效应模型进行实证分析。具体模型如下：

$$\ln ATFP_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 Tdr_{it} + \sum_{j=1}^5 \beta_j X_j + d_i + z_t + \varepsilon_{it} \quad (5.1)$$

其中 i 表示国家，分别为中国、印度、德国和美国； t 表示年份，范围为 1990-2020 年； $\ln ATFP_{it}$ 表示不同国家不同年份的农业全要素生产率水平的对数； Tdr_{it} 表示核心解释变量人口红利的替代指标，用总抚养比表示； X_j 表示控制变量，主要包括城镇化水平（Urb）、贸易开放度（Trade）、信息化水平（Inf）、交通通达度（Road）、农业要素禀赋结构（Afes）； d_i 为个体固定效应， z_t 为时间固定效应； ε_{it} 表示随机扰动项。估计时控制个体和时间效应，可以得到无偏和一致估计量。

5.1.2 人力资本对农业 TFP 影响的模型设定

据文献研究，人口红利通常聚焦于劳动数量的贡献，并没有关注到由劳动

质量积累产生的人口质量红利，分别对应本文的人口红利和人力资本。为此，在研究了劳动数量对农业 TFP 影响的同时，探讨劳动质量与农业 TFP 的内生性问题。具体固定模型如下：

$$\ln ATFP_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 Hc_{it} + \sum_{j=1}^5 \beta_j X_j + d_i + z_t + \varepsilon_{it} \quad (5.2)$$

其中 i 表示国家，分别为中国、印度、德国和美国； t 表示年份，范围为 1990-2020 年； $\ln ATFP_{it}$ 表示不同国家不同年份的农业全要素生产率水平取对数； Hc_{it} 表示核心解释变量人力资本的替代指标，用平均受教育年限表示；其余符号表示意义均与式 (5.1) 相同。

5.1.3 模式转换对农业 TFP 影响的模型设定

人口红利和人力资本分别对农业 TFP 有影响，但是否存在二者的叠加效应对农业 TFP 有影响不得而知；由第四部分可知，人口红利逐渐向人力资本红利模式转换。故在此提出疑问：人口红利和人力资本的叠加效应和转换模式是以何种作用对农业 TFP 产生影响？依托经济增长理论包括的三种论述：结构论、阶段论和因素论，假设人口红利和人力资本可放在同一框架下研究对农业 TFP 的影响。具体解释从经济增长的三种论述展开：结构论侧重从经济结构的演进、转变或高度化的角度来解释经济增长，则可认为人口红利是通过提高人口转变过程中的劳动参与率来促进一国的经济增长；阶段论侧重从经济增长的阶段性特征来描述经济增长及其条件，则可认为人口红利是由于劳动参与率的提高，使得劳动力供给增长、储蓄和投资增加、人力资本存量提升，从而该时期的人口年龄结构促进经济增长；因素论侧重从要素对经济增长的贡献率角度解释经济增长的原因及过程，表明人口红利由于劳动参与率的高占比促使社会储蓄率提高、人口生产性高，进而有利于经济增长的人口因素（高春亮，2020）。由本文的研究机制，人口红利对农业 TFP 有影响、人口红利对人力资本有影响、人口红利会对人力资本的提升进而促进农业 TFP。故提出这一假设，人口红利和人力资本可放入同一框架研究其对农业 TFP 的影响。具体中模型形式如下：

$$\ln ATFP_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 Tdr_{it} + \alpha_2 Hc_{it} + \sum_{j=1}^5 \beta_j X_j + d_i + z_t + \varepsilon_{it} \quad (5.3)$$

符号表示意义均与式 (5.1) 和式 (5.2) 相同。

5.2 变量定义及说明

(1) 被解释变量

农业全要素生产率 (ATFP)。选取表 3.10 中 1990-2020 年的 ATFP 指数作为被解释变量, 该变量来自国际农业生产力 (IAP) 数据产品, 为了消除异方差的影响, 对 ATFP 指数取对数。

(2) 核心解释变量

人口红利为核心解释变量, 本文借鉴秦艳明 (2020) 的做法, 以总抚养比作为人口红利测量的基本标准研究人口红利与农业 TFP 的关系。四个国家 1990-2020 年的总抚养比 (Tdr) 数据均来源于世界卫生组织。

$$\text{总抚养比} = \frac{14\text{岁以上人口} + 65\text{岁以上人口}}{15\sim 64\text{岁人口}}$$

人力资本是另一个核心解释变量, 用平均受教育年限 (Hc) 来衡量, 四个国家 1990-2020 年的平均受教育年限数据来自于 OECD 数据库, 缺失数据由联合国开发计划署 (UNDP) 历年发布的《人类发展报告》填补。

(3) 控制变量

基于控制变量法的基础上不影响对核心解释变量有影响的变量, 参考相关文献, 共设置以下 5 个控制变量。

城镇化水平 (Urb): 以城镇人口占总人口的比例来衡量, 城镇化水平对农业生产效率既有推动作用也有抑制作用。一方面, 城镇化通过增加非农就业机会, 促进农户收入, 从而提高农户在生产过程中对机械化肥等的投资进而提高农业 TFP; 另一方面, 大量青年劳动力涌入城市, 使得农村主要劳动力流失, 且城镇化占用农业生产资料, 使得农业生产困难进而抑制农业 TFP 的提高。

贸易开放度 (Trade): 以农产品进出口总额占 GDP 的比例来衡量, 农产品出口会使得出口方为了提高产品在国外市场的竞争力进而推动其技术和工艺革新最终提高农业科技进步, 农产品进口会使得进口方通过模仿学习进口产品的生产技术等以提高农业生产率 (熊翅新等, 2023);

信息化水平 (Inf): 以互联网个人用户数占比来衡量, 信息化提升促进信

息传递进而获得农业知识与技术的更大范围传播、推广与应用；

交通通达度 (Road)：以铁路里程取对数来衡量，交通运输在农业生产过程中促进了各个区域与国家农产品贸易的增加和经济增长，周鹏飞等（2023）在农业生产效率的影响因素研究表明交通越通达，农业生产效率越高；

农业要素禀赋结构 (Afes)：以第一产业固定资本形成总额与第一产业从业人员比值取对数来衡量（熊翊新等，2023），比值越大说明要素禀赋越好，越有利于农业 TFP 的提高。

本文选取 1990-2020 年中国、印度、德国和美国四个国家的面板数据进行实证研究。控制变量 Trade、Inf、Road 的数据来源于 EPS 数据库整理及计算，Urb 数据来源于世界银行，Afes 数据来源于联合国粮农组织数据库（FAOSTAT）。各个变量的描述性统计如表 5.1 所示。

表 5.1 主要变量的描述性统计

变量	最小值	最大值	均值	标准差
lnATFP	3.8300	4.7600	4.4620	0.1870
Tdr	37.1000	72.5500	51.1580	7.9410
Hc	2.8000	14.2600	9.2630	3.9700
Urb	25.5500	82.6600	56.9780	22.1090
Trade	0.9100	8.3700	2.6040	1.5630
Inf	0.0000	90.6200	33.1700	33.0860
lnRoad	10.4100	12.2300	11.2200	0.5920
lnAfes	17.9400	24.2000	21.3860	2.2470

5.3 实证结果分析

利用 Stata16.0 软件，利用固定效应模型估计全样本回归，用普通最小二乘回归估计单个样本的回归。以式（5.1）进行回归得到表 5.2 的结果，以式（5.2）进行回归得到表 5.3 的结果，以式（5.3）进行回归得到表 5.4 的结果。全样本回归分析：针对四国的面板数据对三种作用机制进行检验，由 F 检验和 Hausman 检验结果拒绝原假设，选择双向固定效应模型进行参数估计，分别见模型（1）、（6）、（11）；单个样本回归分析：基于不同国家样本特征各有不同，导致三种作用机制肯定有所不同，选择普通最小二乘模型估计并对比分析中国、印度、德国和美国在人口红利、人力资本以及人口红利和人力资本对农业 TFP 的影响分别见模型（2）—（5）、模型（7）—（10）、模型（12）—（15）。

5.3.1 人口红利对农业 TFP 影响的模型结果分析

从全样本回归结果分析：由表 5.2 模型（1）可知，Tdr 的回归系数为负并在 1%水平下显著，说明由总抚养比衡量的人口红利对农业 TFP 具有显著的抑制作用。从第四部分的分析可知，1960-2020 年四个国家均出现总抚养比下降，说明人口红利在朝着反方向发展，这也就解释了回归结果中人口红利对农业 TFP 有抑制作用，但与此同时人口红利依然对农业 TFP 的影响显著，是因为人口红利虽然在下降但依然留有优势，当达到一定的储蓄积累和新的契机下，量会带来质的跃迁，使得劳动要素数量向劳动要素质量的方向发展，从而人力资本红利渐渐成为社会经济发展的引擎。控制变量方面，城镇化水平（Urb）、贸易开放度（Trade）、信息化水平（Inf）、交通通达度（Road）、农业要素禀赋结构（Afes）均对农业 TFP 产生显著正影响，说明五个控制变量可以促进农业 TFP 增长，且交通通达度的系数（0.144）最大，说明交通运输在农业生产中促进了各个区域与国家农产品贸易的增加和经济增长，使得农业生产效率越高。

从单个样本回归结果分析：表 5.2 模型（2）—（5）分别为中国、印度、德国和美国的人口红利对农业 TFP 影响的回归结果。中国、印度、德国和美国的人口红利均对农业 TFP 产生显著抑制作用。作为发展中国家的中国和印度因受到人口基数效应的影响，总人口和劳动年龄人口规模相对德国和美国而言依然巨大，中国人口红利还未消失，而印度刚刚进入人口红利期；从第四部分分析可知，美国总人口和劳动年龄人口规模呈现缓慢增长，而中国的人口内部结构却变动幅度较大，但目前中国人口变化趋势却不利于农业发展的保持和增强，而美国稳定增长的人口结构在一定程度上虽然在抑制农业的发展，但却在稳步实现人口红利转型的过程中，已经迈向了由人力资本红利发挥主要作用的地位；作为与美国同样人口相对较少的德国而言，其老龄化和少子化现象非常明显，其人口增长主要靠移民，得天独厚的地理环境以及机械方面的成就使其畜牧业十分发达从而带动农业总产值持续增加，但同时人口结构及其男女比例失衡等问题必然会反向影响德国农业的提升和经济的发展。

表 5.2 人口红利对农业 TFP 影响的回归结果

lnATFP	(1) 全样本	(2) 中国	(3) 印度	(4) 德国	(5) 美国
Tdr	-0.017*** (-18.105)	-0.0177*** (-9.20)	-0.0212*** (-22.88)	-0.0114*** (-7.04)	-0.0100*** (-7.74)
Urb	0.005*** (3.501)	-0.0157*** (-6.45)	0.00742 (1.96)	-0.0207*** (-7.14)	-0.0185*** (-8.63)
Trade	0.046*** (5.084)	-0.0224 (-1.32)	0.0445** (3.87)	-0.0295* (-2.14)	-0.0289 (-2.03)
Inf	0.001** (2.015)	0.00576*** (5.67)	0.00415*** (5.56)	0.00312 (1.93)	0.00241 (1.86)
lnRoad	0.144*** (3.518)	0.0249 (0.75)	0.0784*** (5.44)	0.244*** (5.87)	0.189*** (5.77)
lnAfes	0.067*** (6.133)	0.0871*** (4.26)	-0.0169 (-0.70)	0.186*** (9.7)	0.199*** (14.6)
cons	1.921*** (8.37)	4.032*** (9.46)	4.173*** (14.57)	0.42 (-0.88)	0.202 (-0.39)
时间 控制	—	—	—	—	—
个体 控制	—	—	—	—	—
R ²	0.904	0.857	0.926	0.884	0.882

注：* p<0.05 ** p<0.01 **** p<0.001 括号里面为 t 值

5.3.2 人力资本对农业 TFP 影响的模型结果分析

从全样本回归结果分析：由表 5.3 的模型（6）可知，Hc 的回归系数为正并在 1%水平下显著，说明由平均受教育年限衡量的人力资本能够有效带动农业 TFP 的增长。由第四部分的分析可知，1990-2020 年四个国家的平均受教育年限均在缓慢提升，说明各个国家深知对人力资本的投入和培养是影响经济增长和社会进步的重要因素。农业是人类赖以生存的重要产业，但是随着人类社会高质量的发展和人口内部结构的变化，人们对于美好生活的需求不断提升，这使得农业面临着更高的要求 and 更大的挑战，因此需要不断提升农业生产效率和质量，那么人力资本的投入与培养就显得尤为重要。人力资本是人们通过教育、培训、健康等方式获得的知识、技能、能力等无形的资产，本文以人力资本中占比最为重要的教育视角出发，研究人力资本对农业 TFP 的影响，在实际中我们则更要全面的从人力资本的教育、培训、健康等方面采取有效的提升策略，这将会对农业发展有深刻的影响机理。

表 5.3 人力资本对农业 TFP 影响的回归结果

lnATFP	(6) 全样本	(7) 中国	(8) 印度	(9) 德国	(10) 美国
Hc	0.152*** (5.792)	0.0634* (2.54)	0.00617 (0.25)	0.140*** (10.86)	0.0743** (3.7)
Urb	0.002 (0.356)	-0.0327*** (-6.27)	-0.0203* (-2.48)	-0.0167*** (-9.56)	-0.0173*** (-5.71)
Trade	0.01 (0.779)	-0.0775* (-2.61)	-0.0245 (-0.94)	-0.0357* (-2.66)	0.00294 (0.16)
Inf	-0.003** (-2.046)	0.00331 (2.08)	0.00547** (3.16)	-0.000925 (-0.86)	0.00238 (1.8)
lnRoad	0.12 (0.853)	-0.000165 (-0.00)	0.0459 (0.88)	0.161** (3.57)	0.496*** (11.22)
lnAfes	0.045*** (3.235)	0.216*** (5.1)	0.115* (2.75)	0.159*** (7.32)	0.0897** (3.04)
cons	0.713 (0.676)	1.202** (3.4)	2.550*** (6.26)	-0.452 (-1.20)	-2.590** (-3.27)
时间 个体	控制 控制	— —	— —	— —	— —
R ²	0.882	0.764	0.666	0.921	0.824

注：* p<0.05 ** p<0.01 *** p<0.001 括号里面为 t 值

从单个样本回归结果分析：表 5.3 的模型（7）—（8）分别为中国、印度、德国和美国的人力资本对农业 TFP 影响的回归结果。人力资本对中国、德国和美国的农业 TFP 影响显著，回归系数均为正，但印度的人力资本却对农业 TFP 影响不显著，且根据第四部分的分析可知印度的平均受教育年限 1990 年仅为 2.8，均低于中国（4.14）、德国（10.4）和美国（12.98）的人力资本水平，到 2020 年虽然有所提升，但依然相对较低，主要的原因是印度政府重视高等教育而缺乏对中低层次的教育特别是初等教育，不符合教育发展的规律，在一定程度上影响了印度人力资本的形成和积累，再加上印度政府在收购端对农产品高额补贴，且中小农户享受补贴福利少，导致印度基层农业技术水平提升缓慢，单位面积产量提升乏力。德国人力资本对农业 TFP 最显著，回归系数（0.140）在 1% 的水平上显著，美国人力资本回归系数（0.0743）在 5% 的水平上显著，中国人力资本回归系数（0.0634）在 10% 的水平上显著。近年中国也意识到人才的重要性，在党的二十大报告中指出，我国仍然具有人口总量优势，面对人口老龄化程度不断加深、劳动年龄人口占比趋于下降的新形势，必须促进人口红利向人

才红利转变，加快建立人才资源优势。控制变量方面， $\ln\text{Road}$ 和 $\ln\text{Afes}$ 与中国、德国和美国农业 TFP 显著正相关； $\ln f$ 和 $\ln\text{Afes}$ 与印度农业 TFP 显著正相关。

5.3.3 模式转换对农业 TFP 影响的模型结果分析

从全样本回归结果分析：由表 5.4 的模型（11）可知，当把人口红利和人力资本放入同一框架研究对农业 TFP 的影响时，人口红利优势的持续减弱使得人力资本对农业 TFP 的促进作用有所下降。人口红利和人力资本均在 1% 的水平下分别对农业 TFP 有显著负效应和正效应，与表 5.2 和表 5.3 的全样本回归模型结果一致。原因分析同上，人力资本理论已经推翻了人口红利数量上的观点，人口红利消失也必然成为一个伪命题，从全样本回归模型分析可知，四个国家整体上已经由人口红利劳动型向人力资本型模式转变，且人口红利的作用因结构的升级而不会消失。但依然要关注人口红利对农业 TFP 的显著抑制作用，需要采取相应的措施去应对老龄化基数大、劳动年龄人口比重下降、生育率低等现象带给各个国家乃至世界的影响，从长远考虑提早应对。

从单个样本回归结果分析：由表 5.4 的模型（12）—（15）可知，将人口红利和人力资本同时纳入框架时中国的人力资本对农业 TFP 不显著，且根据模型（2）和模型（7）可知，人口红利和人力资本分别对农业 TFP 均有显著效应，由此，我国依然还没有实现从人口红利迈向人力资本红利模式，但依据我国 2023 年 5 月 5 日召开的二十届中央财经委员会第一次会议，中国人口与发展研究中心主任贺丹表示此次会议第一次提出“人口高质量发展”理念，可见我国正在由人口红利向人力资本红利模式转换阶段，在通往人口红利向人才红利转变的路上，也正是奠定基础向已经实现人口红利到人才红利的国家吸取经验实现中国自己人口高质量的发展的关键期。印度与中国的回归模型形式相似，其原因与表 5.3 的结果分析一致。德国和美国的人口红利和人力资本红利同时纳入框架后，人力资本对农业 TFP 正向显著，且由模型（5）、（10）、（15）可知，美国和德国已经实现了从人口红利到人才红利的转变，吸取美国的经验，中国除了吸引优秀的移民、鼓励创新外，中国还要继续培养农业高质量人才，充分激发农业发展的创新活力。

表 5.4 转换模式对农业 TFP 影响的回归结果

lnATFP	(11) 全样本	(12) 中国	(13) 印度	(14) 德国	(15) 美国
Tdr	-0.011*** (-5.875)	-0.0209*** (-10.29)	-0.0213*** (-24.41)	-0.00311 (-1.33)	-0.00942*** (-9.24)
Hc	0.083*** (8.087)	-0.0373 (-1.73)	-0.00948 (-1.00)	0.119*** (6.98)	0.0611*** (5.79)
Urb	0.008** (2.555)	-0.00857 (-1.52)	0.00900* (2.31)	-0.0189*** (-7.15)	-0.0235*** (-12.42)
Trade	0.032*** (3.244)	-0.000207 (-0.01)	0.0485** (3.71)	-0.0382** (-2.89)	-0.0349* (-2.66)
Inf	0.0001 (0.19)	0.00604*** (6.43)	0.00396*** (5.24)	0.0000512 (0.03)	0.00274* (2.26)
lnRoad	0.057** (2.087)	0.0275 (1.04)	0.0759*** (5.34)	0.185** (3.65)	0.306*** (10.48)
lnAfes	0.027 (1.981)	0.0683** (3.15)	-0.0115 (-0.50)	0.161*** (8.31)	0.150*** (8.35)
cons	2.484*** (6.706)	4.469*** (9.9)	4.085*** (13.76)	-0.408 (-1.09)	-0.777 (-1.76)
时间 个体	控制	—	—	—	—
R ²	0.947	0.863	0.927	0.923	0.908

注：* p<0.05 ** p<0.01 **** p<0.001 括号里面为 t 值

5.4 稳健性检验

从经济学角度分析，用于指导模型设定的经济学理论框架可能因为复杂性的存在而与客观事实相悖，因此进行稳健性检验是为了检验经济学理论看框架是否完备；从统计学角度分析，研究对象通过样本推断总体存在样本是否具有代表性等一系列问题，实证分析所用模型很难与经济理论完全对应，因此进行稳健性检验会在总体上增加基准模型推断结果的可信度。本文应用控制变量剔除法和变量替换法进行模型的稳健性检验。

5.4.1 控制变量剔除法

考虑加入控制变量和不加入控制变量两种情况下对比模型的稳定性，表 5.5、5.6、5.7 分别对应表 5.2、5.3、5.4 不加控制变量时的情况。表 5.2 与表 5.5 的核心解释变量人口红利的估计系数的正反方向、大小及显著性一致；表 5.3 与表 5.6 的核心解释变量人力资本的估计系数的正反方向、大小及显著性也一致；表

5.7 中中国和印度的人力资本估计系数的正反方向与表 5.4 的方向不一致外，其余稳健性均稳定。因此，剔除控制变量重新估计模型，估计参数的正反方向、大小及显著性均基本稳定，表明本文的估计结果是可信的。

表 5.5 人口红利对农业 TFP 影响剔除控制变量的回归结果

lnATFP	(16) 全样本	(17) 中国	(18) 印度	(19) 德国	(20) 美国
Tdr	-0.014*** (-3.237)	-0.0128*** (-9.90)	-0.0136*** (-8.60)	-0.0136*** (-8.60)	-0.0228*** (-10.28)
_cons	5.160*** (23.952)	5.011*** (58.72)	4.978*** (52.70)	4.978*** (52.70)	5.630*** (49.32)
时间	控制	—	—	—	—
个体	控制	—	—	—	—
R ²	0.393	0.878	0.853	0.853	0.470

注：* p<0.05 ** p<0.01 **** p<0.001 括号里面为 t 值。

表 5.6 人力资本对农业 TFP 影响剔除控制变量的回归结果

lnATFP	(21) 全样本	(22) 中国	(23) 印度	(24) 德国	(25) 美国
Hc	0.130*** (3.395)	0.0173*** (8.81)	0.0685 (1.40)	0.0685*** (4.37)	0.130*** (16.90)
_cons	3.257*** (9.177)	4.122*** (45.36)	3.709** (7.90)	3.709*** (29.22)	3.258*** (45.43)
时间	控制	—	—	—	—
个体	控制	—	—	—	—
R ²	0.704	0.807	0.778		0.706

注：* p<0.05 ** p<0.01 **** p<0.001 括号里面为 t 值

表 5.7 转换模式对农业 TFP 影响剔除控制变量的回归结果

lnATFP	(26) 全样本	(27) 中国	(28) 印度	(29) 德国	(30) 美国
Tdr	-0.012*** (-2.756)	-0.0121*** (-7.62)	-0.00959** (-7.21)	-0.0118 (-2.71)	-0.0118*** (-7.43)
Hc	0.045** (2.475)	-0.00165 (-0.82)	-0.225 (-0.97)	0.103* (3.69)	0.103*** (13.93)
_cons	4.673*** (19.82)	4.957*** (49.65)	4.343** (9.48)	4.114** (12.12)	4.114*** (31.74)
时间	控制	—	—	—	—
个体	控制	—	—	—	—
R ²	0.668	0.879	0.861	0.799	0.799

注：* p<0.05 ** p<0.01 **** p<0.001 括号里面为 t 值

5.4.2 变量替换法

本文借鉴蒋浩东等（2021）替换控制变量的做法来验证回归结果的稳健性。利用移动电话用户数（Infl）替代前文以互联网个人用户数占比（Inf）来衡量的信息化水平。替换指标后对全样本重新估计，结果见表 5.8。表 5.8 的模型（31）、（32）、（33）分别与模型（1）、（6）、（11）的估计参数的正反方向、大小及显著性基本一致，因此通过了模型的稳健性检验。

表 5.8 变量替换法对全样本回归结果的稳健性检验

lnATFP	(31)	(32)	(33)
Tdr	-0.014*** (-6.787)		-0.011*** (-28.993)
Hc		0.063*** (3.094)	0.069*** (3.525)
Urb	0.013*** (4.506)	-0.009*** (-5.271)	0.008*** (3.728)
Trade	0.045*** (3.577)	-0.034 (-1.754)	0.031*** (2.845)
Infl	0.002*** (5.966)	0.004*** (6.277)	0.001 (1.771)
lnRoad	0.078*** (2.932)	0.080** (2.360)	0.071** (2.584)
lnAfes	-0.023*** (-3.041)	-0.038 (-1.359)	0.007 (0.377)
_cons	3.849*** (9.966)	4.154*** (6.541)	2.850*** (6.001)
时间	控制	控制	控制
个体	控制	控制	控制
R ²	0.935	0.834	0.949

注：* p<0.05 ** p<0.01 **** p<0.001 括号里面为 t 值。

6 结论与建议

6.1 研究结论

本文在基于在我国释放加快建设农业强国信号的背景下，结合当今世界面临的人口与经济增长推动的农产品需求增加和有限的资源供给之间的矛盾，提出以人才为根本的人口红利与人力资本红利模式转换对农业 TFP 影响的研究。从理论层面分析了三条作用机制探究人口红利与人力资本红利提高农业 TFP 的作用机理：依据国际农业生产数据运用增长核算框架测算农业 TFP 并进行国际对比分析，运用 C-D 生产函数测算农业生产要素对农业产出的贡献率；根据人口规模、人口年龄结构和总抚养比对比四个国家的人口红利，以教育公共支出和平均受教育年限对比四个国家的人力资本现状，从以上现状分析总结归纳各个国家的人口红利与人力资本红利模式转换现状；运用固定效应模型基于四个国家的面板数据，系统的探究人口红利与人力资本红利模式转换对农业 TFP 的影响；运用普通最小二乘模型对比四个国家分别在不同的人口红利与人力资本红利模式转换下对农业 TFP 的影响。得出以下结论：

第一：基于农业产出指数、农业投入指数和农业 TFP 指数的分析结果。四个国家的农业投入效率整体上均高于农业产出效率。起初德国和美国的农业产出、农业投入和农业 TFP 均处于领先水平，但随着农业现代化的发展，中国和印度的相关指标均实现迅速提升，与发达国家之间的差距缩小并实现了赶超，其中 2020 年中国和印度的农业 TFP 均高于德国和美国。

第二：基于农业生产要素对农业产出贡献的测度分析。中国和印度的农业饲料和农业机械对农业产出增长的贡献相对较高，且贡献率大小基本一致；美国的则是土地要素对农业产出增长的贡献最高，高达 87.62%，而农业劳动力、牲畜和肥料对农业产出增长的贡献率为负；德国则是农业牲畜对农业产出增长的贡献相对最高，高达 165.89%，农业劳动、机械和饲料投入对农业产出增长的贡献率则为负。

第三：人口红利与人力资本红利模式转换分析。从老龄化现状分析看：中国在 2001 年开始进入老龄化阶段；2020 年印度老年人口比例为 6.67%，比例在

7%以下，未进入老龄化阶段；德国在 2008 年开始就已经进入了重度老龄化阶段；美国目前为中度老龄化阶段。从总抚养比来分析人口红利：中国正处于人口红利期，印度 2019 年进入人口红利期，德国和美国分别在 2005 年和 2013 年失去人口红利。从人力资本现状分析看：美国和德国的平均受教育年限远高于中国和印度；美国的平均受教育年限水平一直保持在 13 年左右；德国的平均受教育年限在 2005 年以后维持在 14 年左右。综合分析：中国人口红利未消失且教育水平正在实现跨越；印度在 2019 年进入人口红利且教育水平相对落后；德国人口红利在 2005 年消失且教育水平优越；美国人口红利在 2013 年消失且教育水平保持高标准。

第四：人口红利对农业 TFP 影响的结果分析。从全样本回归结果分析：由总抚养比衡量的人口红利对农业 TFP 具有显著的抑制作用，这是因为四个国家均出现总抚养比下降、人口老龄化加剧、劳动年龄人口下降等现象。从单样本回归结果分析：中国、印度、德国和美国的人口红利均对农业 TFP 产生负向影响；但目前中国人口变化趋势却不利于农业发展的保持和增强，而美国稳定增长的人口结构在一定程度上虽然在抑制农业的发展，但却在稳步实现人口红利转型的过程中，已经迈向了由人力资本红利发挥主要作用的地位，德国老龄化和少子化现象非常明显，人口增长主要靠移民，得天独厚的地理环境以及机械方面的成就使其畜牧业十分发达从而带动农业总产值持续增加，但同时德国人口结构及其男女比例失衡等问题必然会反向影响德国农业的提升和经济的发展。

第五：人力资本对农业 TFP 影响的结果分析。从全样本回归结果分析：由平均受教育年限衡量的人力资本能够有效带动农业 TFP 的增长，说明各个国家深知对人力资本的投入和培养是影响经济增长和社会进步的重要因素。从单样本回归结果分析：人力资本对中国、德国和美国的农业 TFP 影响正向显著，但印度的人力资本却对农业 TFP 影响不显著；这是因为印度政府重视高等教育而缺乏对中低层次的教育特别是初等教育，不符合教育发展的规律，在一定程度上影响了印度人力资本的形成和积累；近年中国意识到人才的重要性，在党的二十大报告中指出，在面对人口老龄化程度不断加深、劳动年龄人口占比趋于下降的新形势，必须促进人口红利向人才红利转变，加快建立人才资源优势。

第六：人口红利与人力资本红利模式转换对农业 TFP 影响的结果分析。从

全样本回归结果分析：当把人口红利和人力资本放入同一框架研究对农业 TFP 的影响时，人口红利优势的持续减弱使得人力资本对农业 TFP 的促进作用有所下降；这是因为当人口红利达到一定的储蓄积累和寻找新的契机之下，量会带来质的跃迁，使得劳动要素数量向劳动要素质量的方向发展，从而人力资本红利渐渐成为社会经济发展的引擎。从单个样本回归结果分析：将人口红利和人力资本同时纳入框架时中国的人力资本对农业 TFP 不显著，但分别研究人口红利对农业 TFP、人力资本对农业 TFP 均有显著效应，这是因为我国依然还没有实现从人口红利迈向人力资本红利模式，依据我国 2023 年 5 月 5 日召开的二十届中央财经委员会第一次会议第一次提出“人口高质量发展”理念，可见我国正在准备向人力资本红利模式转换，在通往人口红利向人才红利转变的路上，也正是奠定基础向已经实现人口红利到人才红利的国家吸取经验实现中国自己人口高质量的发展的关键期。

6.2 政策建议

针对以上结论，本文对中国在即将进入人口红利向人才红利模式转换过程中如何提升农业 TFP 提出如下建议：

（一）释放农业生产要素活力，提高农业要素配置效率

由农业生产要素对农业产出增长的贡献结果可知，中国的农业饲料和农业机械对农业产出增长的贡献相对较高；因土地资源缺乏，对农业产出增长的贡献相较美国而言至少低 70 个百分点；中国的农业肥料对农业产出增长的贡献高于印度、德国和美国。

当前，我国农村土地存在的最大问题是流转效率低下，导致实现资产化功能以及土地增值收益分配不当，使得农村无法开展规模经营。受历史因素，尤其是早期政策体制导向“重工轻农”的影响，农村作为城市的资源储备基地，向城市供应土地、资金以及劳动力等生产要素，城市通过虹吸效应吸引农村先进的生产要素，导致农村空心化，经济发展乏力。

因此，针对土地要素问题：我们国家就需要搞活农地经营流转，创新农地经营流转模式，延展非农业生产土地的价值链，盘活农村宅基地，加快推进宅基地确权登记，有序释放农村宅基地红利，培育和健全城乡建设用地统一市场，

加快农村集体建设用地入市及价格弹性增长机制。针对农业劳动力问题：加快发展欠发达地区经济，推动劳动密集型产业转移，为欠发达地区积极创造就业机会，吸纳农业人口就近就业，减少农业劳动力投入，提高劳动力资源配置效率，逐步缩小区域农业劳动生产率差异。针对农业机械化水平：积极提升各地农业综合机械化水平，替代农业活劳动投入。针对农业肥料和饲料问题：深入贯彻绿色发展理念，继续开展化肥、农药零增长行动，大力推行减量增效绿色生产技术，提高化肥、农药利用率，加大节肥、抗病等环境友好型品种研发与推广，有效替代化学要素投入，大幅降低化肥、农药投入水平，提高农业投入产出比，促进农业高质量发展。

（二）优化人口结构，鼓励传统小农持续向新型经营主体转型

从回归分析结果可知，以总抚养比衡量的人口红利对农业 TFP 产生负向影响。这是因为中国趋于老龄化和少子化且劳动年龄人口在下降，使得总抚养比下降从而抑制农业的发展。

农业作为典型的劳动密集型产业，而我国正处在人口老龄化的社会中，劳动人口的下降导致劳动力短缺以及创新限制，必然在许多层面上平衡维持粮食安全和改善环境保护之间存在巨大的挑战。随着老龄化社会的到来，高龄群体农民由于受教育程度较低，无法保持农业技能跟上时代或采取先进方法，农村普遍缺乏劳动力供应，只能经营传统小规模农场，导致农村人口年龄越大，农田废弃率越高，与此同时，典型的农业投入组合和作物类型可能随着老龄化而改变，降低农业生产力和效率。

针对少子化趋势：提升群众生育意愿和生育水平，优化生育支持政策体系，加强婴幼儿相关基础设施、医疗保健资源、照料资源、教育资源、家庭支持等方面投入力度，增强普惠性服务供给，切实降低生育、养育、教育成本。针对老龄化趋势：完善养老保障和服务体系，提高基本养老保险覆盖面，通过继续完善养老保险制度、企业（职业）年金制度和个人养老金制度，增强养老保险制度的可持续性、公平性和待遇充足性，加快基本养老服务体系建设，为全体老年人提供基本养老服务，尽快出台全国性长期护理保险制度，为老年人提供基本护理保障。针对农业效率提升措施：鼓励传统小农持续向新型经营主体转型，如家庭、合作和工业化三种模式结合的新的农业模式。家庭农业与传统小

农农业相比，农场规模更大但依然由农村家庭经营；合作农业主要通过共享农业设备，从而降低成本提高效益；工业化农场则以市场营销为目标的大型农业企业，规模化、专业化生产，实现利润最大化。更具说明的一点，Chenchen R 等（2023）在 Nature 上发表的有关老龄化威胁中国小农农业的可持续性的研究更证实了实现传统农业转型的重要性，即新型农业模式的发展不仅能提高劳动生产率，而且与传统农业的发展模式相比，其老龄化率平均降低 35%。

（三）促进人口红利向人才红利转变，聚焦农村人力资本开发

从人口红利与人力资本红利模式转换的现状分析可知，中国人口红利开始年份为 1996 年，人口红利拐点为 2010 年，人均教育公共开支自 2010 年起有明显的提升，平均受教育年限的提升速率显著，表明中国进入人口红利拐点就已经抓住了人口优势，目前中国正处人口红利向人才红利转变的关键期。

世界主要发达经济体通过职业移民、签发居留许可、提供优厚待遇等方式吸引外国人才，同时也通过发展高水平职业教育、激发科研人员创新活力等举措构筑高水平人才队伍并充分释放人才红利。故此，借鉴发达国家经验，提出以下建议。促进人口红利向人才红利转变：大力发展高水平职业教育，充分激发科研人员创新活力，积极吸引本国人才回流，适应人口素质提高、劳动生产率大幅提升、智力劳动力占比上升的趋势，大力发展现代服务业和新兴产业，使产业结构和劳动力结构更加匹配，充分发挥各层次劳动力作用，努力形成人才成长、科技创新、产业发展的良性循环，让我国的人才红利越来越厚实。聚焦农村人力资本开发：通过职业技能培训提升农民综合素质，围绕农村现代化，开展职业技能培训，对有道乡村创业愿望的人群开展创业培训，瞄准青壮年农民，开展农村电商、乡村旅游、农村合作社管理、农村集体资产管理、乡村事业等方面的职业技能培训，围绕农村劳动力城镇化转移，开展职业技能培训，抓好公共就业服务平台建设，促进培训就业一体化发展，多渠道公开职业培训信息，提高新生代农民工对就业趋势、培训政策、课程内容等信息的知晓度，加强就业形势监测，对就业不稳定农民工，及时提供技能培训和就业信息服务。

（四）加快农业科技创新，夯实农业发展科技支撑

当前我国农户经营规模小且分散，农业科技推广难度极大，各地普遍存在“重研发、轻推广”现象，严重阻碍农业全要素生产率水平提高。且在农业强

国建设目标，目前我国仍然是世界上最大的农业国，农业发展仍然不平衡、不充分，农业科技创新与农业技术进步不同步现象仍然突出，各类问题集中表现为农业全要素生产率水平不高。因此，要着力提升农业全要素生产率水平，为建设农业强国提供强有力的科技支撑。

加强农业基础研究，不断推进原始创新前沿：聚焦农业生物组学、合成生物学、动物免疫调控机制、营养代谢调控机制等世界前沿领域，强化创新布局，积极取得重要科学发现，提出相关科学理论，为农业强国建设打造世界领先的基础研究平台。紧跟国际农业科技前沿，瞄准应用研究新方向，聚焦生物育种、现代信息、新材料、智能装备等国际前沿技术领域，开展关键技术联合攻关，努力取得一批具有自主知识产权的重大成果，牢牢把握科技自主权、发展主动权。开展关键领域“卡脖子”技术攻关，强化农业科技创新的国家需求导向，围绕种子和耕地“两大要害”，强化品种选育、耕地质量提升等重大实用技术研发，保障国家粮食安全。

参考文献

- [1] Baek W C, Um C I, Lee B S. A Comparative Study of Korea and Japan on the Contribution of RD investments to Total Factor Productivity at the Firm Level[J]. THE JOURNAL OF ASIAN STUDIES, 2014, 17(3): 37-55.
- [2] BALK B M. Scale efficiency and productivity change[J]. Journal of Productivity Analysis, 2001, 15(3): 159-183.
- [3] Bloom D E, Williamson J G. Demographic transitions and economic miracles in emerging Asia[J]. World Bank Economic Review, 1998, 12(3): 419—455.
- [4] Fang C. The Logic of the Successful Experience of China's Reform[J]. Social Sciences in China, 2019, 40(3): 5-21.
- [5] Dublin L I, Lotka A J. The Money Value of Man [M]. New York: The Ronald Press Company, 1930, 29(2): 135-274.
- [6] Engel E. Der Werth des Menschen [M]. Berlin: Verlag von Leonhard Simion, 1883.
- [7] Éva B, Muyassar K. Does the demographic dividend with human capital development yield an economic dividend? Evidence from Central Asia[J]. Post-Communist Economies, 2023, 35(2): 154-178.
- [8] Fang, C., Wen, Z. When Demographic Dividend Disappears: Growth Sustainability of China[M]. In: Aoki, M., Wu, J. (eds) The Chinese Economy. International Economic Association Series. Palgrave Macmillan, London, 2012: 75-90.
- [9] Jorgenson D W, Fraumeni B M. The Accumulation of Human and Non-human Capital, 1948-1984 [J]. Chicago: University of Chicago Press, 1989, 52(16): 277-282.
- [10] Kendrick J. The Formation and Stocks of Total Capital [M]. New York: Columbia University Press for NBER, 1976: 65-93.
- [11] Krishna K. L, Meenakshi J. V. Agricultural Productivity Growth and Structural Transformation in Rural India: Some Recent Evidence[J]. Journal of Quantitative Economics, 2022, 20(Suppl 1): 277-302.

- [12] Li G., Liang Y. and Shen K. Assessment of China's Qualitative Demographic Dividend for Economic Growth During 2016- 2020 [J]. China Economist. 2016, 11(1): 112- 125.
- [13] Mulligan C B, Sala-i-Martin X. A Labor Income-based Measure of the Value of Human Capital: An Application to the States of the United States [J]. Japan and the World Economy, 1997, 9(2): 159-191.
- [14] Chenchen R, Xinyue Z, Chen W, et al. Ageing threatens sustainability of smallholder farming in China. [J]. Nature, 2023, 616(7955): 96-103.
- [15] 蔡昉.人口红利：认识中国经济增长的有益框架[J].经济研究,2022,57(10):4-9.
- [16] 蔡昉.人口转变、人口红利与刘易斯转折点[J].经济研究,2010,45(04):4-13.
- [17] 车维汉,杨荣.技术效率、技术进步与中国农业全要素生产率的提高——基于国际比较的实证分析[J].财经研究,2010,36(03):113-123.
- [18] 陈国生,萧烽,黄鑫.湖南农村人力资本与农业现代化耦合协调发展[J].经济地理,2020,40(10):176-182.
- [19] 陈秧分,李先德,刘玉.提高中国农业劳动生产率:农业大国比较与政策启示(英文) [J].Journal of Resources and Ecology,2018,9(06):575-584.
- [20] 戴浩,魏君英.农村人口老龄化对农业高质量发展的影响——基于农业绿色全要素生产率视角[J].山东农业大学学报(社会科学版),2023,25(03):1-9+189.
- [21] 高春亮.人口红利贡献被高估了吗?——基于人力资本积累视角的研究[J].南方经济,2020(05):65-78.
- [22] 高孟菲,郑晶.中国农业全要素生产率测算及其时空差异分析——基于碳汇视角的再检验[J].生态经济,2021,37(12):98-104+120.
- [23] 高齐圣,王丹亚.我国农业全要素生产率分解及其区域发展不平衡分析[J].中南林业科技大学学报(社会科学版),2020,14(06):66-75+104.
- [24] 葛静芳,李谷成,尹朝静.我国农业全要素生产率核算与地区差距分解——基于 Fare-Primont 指数的分析[J].中国农业大学学报,2016,21(11):117-126.
- [25] 郭承龙,陈镜如.农业现代化进程中的生产函数估计[J].中国农机化学报,2021,42(11):110-115.
- [26] 郭素芳,刘琳琳.要素整合与农业经济增长动力转换——基于农业全要素生产

- 率视角[J].天津师范大学学报(社会科学版),2017(01):65-69+74.
- [27] 郭晓东,尹必健.印度农业产出稳定增长的推动力分析[J].粮食科技与经济,2016,41(02):30-33.
- [28] 蒋浩东,朱满德,赵志尚.人力资本对农业全要素生产率的影响及其异质性研究——山区与非山区的对比[J].南方农村,2021,37(05):4-10.
- [29] 康亚文,彭博,赵浚夷等.基于 Meta 分析的中国农业全要素生产率研究[J].中国农业资源与区划,2022,43(02):67-80.
- [30] 匡远配,陈梅美.农村人口老龄化对农业全要素生产率影响的实证分析[J].燕山大学学报(哲学社会科学版),2015,16(01):15-21.
- [31] 李红艳,王菲,赵震.黄河流域农业全要素生产率测度与时空演变特征分析[J].统计与决策,2022,38(23):74-79.
- [32] 李辉尚,胡晨沛,季勇等.农业劳动力转移、生产率提升与宏观经济增长——基于全球 55 个经济体的国际比较[J].农业经济问题,2021(07):117-129.
- [33] 李婕,王玉斌,程鹏飞.中国农业全要素生产率的时空演变差异及内源构成[J].中国农业大学学报,2023,28(02):240-252.
- [34] 栗滢超,杜如宇,李鸣慧等.农业生产要素与农业增长关系研究[J].地域研究与开发,2019,38(03):160-164.
- [35] 刘成坤.农村人口老龄化与农业全要素生产率的区域异质性[J].华南农业大学学报(社会科学版),2021,20(06):46-55.
- [36] 刘德娟,周琼.碳排放约束下农业全要素生产率测算与收敛性检验[J].福建农业学报,2017,32(01):99-106.
- [37] 刘战伟.中国农业全要素生产率的动态演进及其影响因素分析[J].中国农业资源与区划,2018,39(12):104-111.
- [38] 龙少波,张梦雪.中国农业全要素生产率的再测算及影响因素——从传统迈向高质量发展[J].财经问题研究,2021(08):40-51.
- [39] 陆杰华,谷俞辰.中国人口红利本土化研究的反思与展望——兼论人口红利研究的核心议题[J].北京行政学院学报,2023(04):1-13.
- [40] 罗浩轩.新常态下中国农业经济增长的三重冲击及其治理路径——基于 1981-2013 年中国农业全要素生产率的测算[J].上海经济研究,2017(02):24-33.

- [41] 孟望生,王询.中国省级人力资本水平测度——基于成本法下的永续盘存技术[J].劳动经济研究,2014,2(04):141-160.
- [42] 楠玉.中国人口红利源泉:教育、健康和人口年龄结构[J].经济与管理评论,2022,38(02):18-30.
- [43] 秦升泽,吴平.农业全要素生产率影响因素的社会嵌入性研究[J].华中农业大学学报(社会科学版),2020(02):59-66+164-165.
- [44] 秦艳明.人口红利与中国经济增长[J].市场周刊,2020(02):143-144.
- [45] 速水佑次郎,弗农·拉坦.农业发展:国际前景[M].北京:商务印书馆,2014.
- [46] 孙鲁云,王力,王斌.棉花全要素生产率影响因素的国际比较分析[J].河南农业大学学报,2020,54(04):718-724.
- [47] 童玉芬,周文.人口红利的形成、收获与消失——新中国建立 70 年来人口红利的变化[J].人口与健康,2019(07):23-27.
- [48] 王军,杨秀云.改革开放以来中国农业全要素生产率的动态演进及收敛性分析[J].统计与信息论坛,2019,34(11):59-66.
- [49] 王树.“第二次人口红利”与经济增长:理论渊源、作用机制与数值模拟[J].人口研究,2021,45(01):82-97.
- [50] 王婷,程豪,王科斌.区域间劳动力流动、人口红利与全要素生产率增长——兼论新时代中国人口红利转型[J].人口研究,2020,44(02):18-32.
- [51] 王艳荣,谢林燕.人力资本对农业绿色全要素生产率的影响研究——基于中介效应的影响路径分析[J].山东农业大学学报(社会科学版),2022,24(03):1-7.
- [52] 温忠麟,方杰,谢晋艳等.国内中介效应的方法学研究[J].心理科学进展,2022,30(08):1692-1702.
- [53] 鄢思怡.素质型人口红利嬗变对未来中国经济现代化的影响[J].中国流通经济,2020(11):78-89.
- [54] 吴江月,濮励杰,朱明等.一个改进的农业生产函数模型:兼论遗传资源对江苏省农业经济增长的贡献[J].生态与农村环境学报,2014,30(06):711-716.
- [55] 谢九英.统一大市场背景下人口要素流动对绿色全要素生产率的影响——基于 2017-2021 年长江经济带省域数据分析[J].商业经济研究,2023,(11):176-179.
- [56] 熊翹新,欧阳梨花,蔡桂云等.江西省农业全要素生产率的提升路径研究——基

- 于 fsQCA 方法的分析[J].农林经济管理学报,2023,22(04):497-506.
- [57] 杨文举.引入人力资本的绿色经济增长核算:以中国省份经济为例[J]. 财贸研究, 2015,26(02):1-8+84.
- [58] 杨艳琳,曹成.中国人口红利的国际比较与测算[J].江淮论坛,2016(05):35-41+94.
- [59] 杨云彦.中国人口迁移与发展的长期战略[M].武汉出版社,1994.
- [60] 原新,金牛.中国人口红利的动态转变——基于人力资源和人力资本视角的解读[J].南开学报(哲学社会科学版),2021(2):31-40.
- [61] 原新,高媛.改革开放以来的中国经济奇迹与人口红利[J].人口研究,2018(6):3-14.
- [62] 原新,刘绘如.中国人口红利研究的发展——基于文献综述视角[J].西北人口,2019(5):60-68.
- [63] 张海霞,韩佩珺.农业全要素生产率测度及收敛性分析——基于 Hicks-Moorsteen 指数[J].农村经济,2018(06):55-61.
- [64] 赵亮,余康.要素投入结构与农业全要素生产率增长[J].河南农业大学学报,2020,54(02):354-360.
- [65] 赵永平,汉玉玲.农业全要素生产率动态演进、空间分异与影响因素分析[J].山东财经大学学报,2022,34(05):28-38.
- [66] 郑甘甜,陈池波,陈胜,邢美华.农村人力资本对农业环境全要素生产率影响的实证分析[J].统计与决策,2023,39(08):57-62.
- [67] 郑丽琳,刘东升.人口红利、技术进步与产业结构升级——基于行业面板数据的经验分析[J].西北人口,2021,42(05):30-41.
- [68] 郑海涛,任若恩,柏满迎.中国与日本分行业 TFP 水平的国际比较:1995-2006[J].统计研究,2009,26(07):87-92.
- [69] 周健.中国在亚洲失去人口红利优势了吗?——基于与东南亚部分国家和印度的比较分析[J].商业研究,2020(06):32-39.
- [70] 周鹏飞,谢黎,王亚飞.我国农业全要素生产率的变动轨迹及驱动因素分析——基于 DEA-Malmquist 指数法与两步系统 GMM 模型的实证考察[J].兰州学刊,2019(12):170-186.

附录

附表 1 测度中国农业生产要素贡献的原始数据

Year	农业总产出数量/ 2015 年不变价千美元	农业用地总量 / 千公顷	农业劳动力总数 / 千人	农业机械库存总量 / 1000 米制马力	农业牲畜存栏总量 / 千头	农业肥料总量/ 吨	农业饲料总量/ 兆卡
1990	344813492.2148	177872.9643	389164.9338	390315.4317	223622.1202	30088049.9941	280413444.4217
1991	359554169.4126	179728.3677	391003.0230	399573.0795	232701.0664	32609874.3814	303481592.0642
1992	379905834.8334	179035.5053	387009.8450	412078.8579	237183.4236	32304725.5324	327376727.4008
1993	413049000.4023	178313.7540	376819.4600	432584.6363	245772.4678	28309184.3793	364097514.2750
1994	439208752.0110	178756.4065	366299.5890	459585.3161	256076.0223	32268297.6881	402119420.6108
1995	484862466.3917	178800.7749	355317.8020	491068.6608	273171.1476	39286491.3477	425792391.7108
1996	510498706.2832	179680.7983	348213.0760	524091.0945	292761.3643	40032217.8534	482053042.1350
1997	532983861.2745	180015.5955	348411.3180	571252.2094	258060.8975	39329289.8312	474411819.0658
1998	558657753.9736	180544.5590	351780.3170	614652.6173	267094.3895	39504747.4471	490388000.4183
1999	584103796.5682	181118.4389	357690.2070	666160.4351	278568.2841	40369350.5904	509560047.3258
2000	613750083.7749	181582.6656	360440.3140	714800.8158	285771.8915	39323544.1710	544640963.4150
2001	628883137.7198	182634.1311	363993.0980	750130.5235	281474.5875	40084137.9725	564653629.4050
2002	655285948.0371	183277.3258	366410.3310	787626.1047	280600.3415	44833065.8534	571927510.8883
2003	668465224.2381	182715.4173	362048.1260	821033.3107	277040.2995	44107175.0539	577614474.8317
2004	708593018.6135	184515.2079	348309.8910	870535.6900	279143.8241	47720521.7184	570002835.3525
2005	736438377.7082	185390.0130	334430.2270	929949.6941	282606.7805	48543638.7424	599553883.7000
2006	758829864.4519	186313.6655	319419.8050	986024.4731	282537.2812	51742743.9090	602674274.2250
2007	782474707.3634	186507.2008	307317.9540	1041326.9884	274893.0688	49945240.1727	621895522.3750
2008	826442620.0823	188687.5066	299240.3010	1117476.5466	283817.3566	46688023.2337	667255652.5233
2009	848641461.8704	189589.4461	288910.6820	1189613.8681	286351.1597	50847731.5792	706755900.5483
2010	873291976.0175	189869.9822	279320.0640	1261461.5908	283911.6978	51526480.8422	766615631.2933
2011	904111390.7915	190133.0841	265949.9180	1328819.8504	272582.2939	54793491.9153	807809276.1867

续附表 1 测度中国农业生产要素贡献的原始数据

Year	农业总产出数量/ 2015 年不变价千美元	农业用地总量 / 千公顷	农业劳动力总数 / 千人	农业机械库存总量 / 1000 米制马力	农业牲畜存栏总量 / 千头	农业肥料总量/ 吨	农业饲料总量/ 兆卡
2012	933112489.2353	190269.0173	257740.1680	1394411.9646	273899.6230	56630924.5707	848471786.1533
2013	954781849.7185	190832.2766	241720.1710	1412736.9137	271008.1550	58241149.3692	817931663.0200
2014	973370735.6325	191960.8117	227910.3640	1469158.3956	268656.7550	55483438.8493	802758781.3200
2015	1002421117.2363	192180.1949	219200.9000	1519076.8185	269868.2038	58173745.0699	955694382.3200
2016	1005725569.3902	192487.0700	209091.1690	1322169.9524	270126.2594	53495026.7057	1031623701.4867
2017	1025843061.9298	193140.3316	202961.1160	1343076.8185	264533.9619	49856947.1103	1085553354.9867
2018	1037409300.9229	194297.8510	195161.3220	1364673.0116	262697.8659	49403199.8418	1125375521.6533
2019	1037194501.4645	195024.1860	186532.0730	1397121.6859	240830.7088	51095795.8048	1111817050.0000
2020	1056211900.9611	194510.8670	177161.7930	1436058.4636	254481.1543	49883117.3200	1174848946.8706

资料来源：依据 IAP 数据产品整理可得。

附表 2 测度印度农业生产要素贡献的原始数据

Year	农业总产出数量/ 2015 年不变价千美元	农业用地总量 / 千公顷	农业劳动力总数 / 千人	农业机械库存总量 / 1000 米制马力	农业牲畜存栏总量 / 千头	农业肥料总量/ 吨	农业饲料总量/ 兆卡
1990	186480367.7596	258748.4449	190139.6397	48399.0200	273020.8000	13785289.4873	41955309.6425
1991	190125011.0083	259182.6572	193492.4190	53629.0670	275815.7000	14538308.3993	46368374.7900
1992	198089897.4683	259356.2731	196458.5800	60190.4957	279330.5900	13995057.8949	49351742.0975
1993	203880769.6061	259982.1232	199818.3410	64680.9416	280046.2000	14239943.3351	51647340.9000
1994	210717112.4479	262637.7693	202812.2070	71451.4040	280892.9520	15434030.3389	54012876.9825
1995	216382153.6972	264851.6160	205900.4250	74645.3025	281720.9700	15761533.1459	56957099.8925
1996	224706733.0211	267091.3130	209306.3020	89415.7760	282668.3740	16238976.4031	57454125.8500
1997	229653892.3319	270280.9045	212986.6420	92636.5840	282581.7300	18098104.5343	61891833.8800
1998	234090870.4360	272829.1468	216193.6170	100046.9316	282181.1064	18716703.0177	60209977.6050

续附表 2 测度印度农业生产要素贡献的原始数据

Year	农业总产出数量/ 2015 年不变价千美元	农业用地总量 / 千公顷	农业劳动力总数 / 千人	农业机械库存总量 / 1000 米制马力	农业牲畜存栏总量 / 千头	农业肥料总量/ 吨	农业饲料总量/ 兆卡
1999	244580018.7839	275552.0318	218709.9780	106034.2962	281811.1000	19998008.3186	62576183.3325
2000	241703993.5552	278178.1468	222209.4580	117743.9000	281394.9000	18661327.0229	58349734.0675
2001	249022500.8315	280486.7949	225656.2090	126634.9611	281392.8000	19312725.8423	58724494.1625
2002	231382993.9309	281903.9925	228953.8030	132833.0321	281305.0000	18054705.7220	58583902.8325
2003	255700577.4648	282882.5802	231490.6390	138699.1018	281529.6736	18776761.6402	59527957.6775
2004	254596064.1842	284194.2813	233314.1640	148328.7963	286802.9600	20427934.6830	66072301.3750
2005	268622506.6875	285191.4711	235813.2680	159558.0174	292289.0536	22433321.5372	68868957.9675
2006	283649144.0852	285979.9075	233478.3310	172956.5476	297789.7664	23757980.6947	68935167.8350
2007	306974234.9691	286717.5478	230866.4930	185607.7903	304104.2764	24746831.9993	73400547.1800
2008	312419327.4929	287908.2689	229007.0170	197832.7899	303475.9944	27083056.2646	75381141.9500
2009	306590717.4433	290664.6951	225726.2960	209162.3155	302892.3064	28672349.9118	76632954.3275
2010	332322570.7118	290174.4123	222439.2950	224439.8603	302391.1928	30308672.6172	86990370.8200
2011	353535634.6960	290485.0405	213123.7860	240821.9600	301839.7064	29980248.6335	92657691.3700
2012	361481995.0839	293636.8688	203513.4880	255448.6107	301089.3302	27729004.8065	98526151.8767
2013	376798760.9715	294020.0283	202443.2100	274944.1771	300169.6512	26675221.6137	105956620.8000
2014	386456775.2666	294330.9596	200931.9150	287783.9363	299337.2320	27777474.0488	112649969.5867
2015	382247847.9003	294570.2121	199363.9060	307316.8069	301793.1473	28981112.0160	105349427.7600
2016	398652479.0050	294763.5778	197707.9770	336924.6412	304161.8687	28197845.6493	115085539.5933
2017	423737243.4553	294635.6313	196145.6730	357949.7721	305635.7871	28862941.0554	117267444.7967
2018	445201409.3143	294518.2471	194195.0160	373874.1662	307317.9441	29522566.5199	119337869.6733
2019	451498361.4411	298152.0188	189248.8110	383853.9919	308256.9857	31669592.7433	125459387.8833
2020	457424401.7017	298152.0262	186596.2280	312000.3280	308361.2019	34835670.0594	125501803.4692

资料来源：依据 IAP 数据产品整理可得。

附表 3 测度美国农业生产要素贡献的原始数据

Year	农业总产出数量/ 2015 年不变价千美元	农业用地总量 / 千公顷	农业劳动力总数 / 千人	农业机械库存总量 / 1000 米制马力	农业牲畜存栏总量 / 千头	农业肥料总量/ 吨	农业饲料总量/ 兆卡
1990	253719673.0048	260200.3030	2631.1405	191911.5017	107118.4244	20804244.4024	530307066.3308
1991	249799686.0871	260330.3030	2596.4470	189086.8770	108873.6969	21038542.9341	524241610.1292
1992	270387255.1443	258875.2684	2546.0896	186307.5273	110411.7772	21303747.9135	565015896.0917
1993	248874818.7015	257549.7927	2459.3641	183572.6200	112125.1495	22649972.8217	532247276.7725
1994	284841342.8798	256674.4796	2819.0804	180144.3187	114451.1286	21598076.9339	595867935.3942
1995	264231297.9595	256600.7380	2855.0520	176782.3822	116068.9787	22371077.6928	520291010.1517
1996	282537760.6252	253690.2821	2655.2979	173485.4536	116802.1628	22697658.9853	590143210.4525
1997	291939947.6591	252475.3603	2654.8252	170252.2055	116638.6016	22573481.7931	586683299.0475
1998	292832283.2342	251657.9553	2543.1191	167081.3400	115285.7624	22028275.9996	598441976.2667
1999	297377099.6168	250445.8360	2535.6136	171702.6748	114664.6592	21970884.0254	613273547.1475
2000	304232548.9115	250466.1940	2468.0000	176488.6799	114631.4012	21180143.9585	620743660.0875
2001	300831989.8950	250481.5033	2299.6667	181443.8725	114447.8131	22010791.9284	613614534.6225
2002	294937018.9700	248084.8126	2313.5000	186572.9320	114353.1304	21767474.3798	585203635.6875
2003	305033353.1634	245938.3366	2274.6667	191880.7046	113730.9864	23601273.8607	600630671.8225
2004	324497870.5322	243791.5292	2230.2500	189964.8010	113036.8078	22475141.3559	626250255.1608
2005	316356341.7777	241646.0660	2193.9167	188072.3020	113461.4380	21664706.1718	632495253.7017
2006	311088430.7048	239493.2213	2206.1667	186202.7975	115028.6234	23192147.4548	584616667.3792
2007	328086106.8721	237351.4819	2103.7500	184355.8869	115362.6802	21904074.3618	599642079.8267
2008	330561894.7610	235765.8330	2170.8333	182531.1800	116239.9162	18535787.9564	558914412.6550
2009	336708827.7072	234206.1841	2102.9167	180581.0031	113333.7185	21268848.2126	536273371.0200
2010	336607183.9408	232692.9638	2206.4167	178655.0491	113065.6997	22180228.3845	505168208.5000
2011	333439862.1216	231551.1720	2253.1667	176752.9162	112197.6537	22754266.2184	492154055.0000
2012	332384740.0504	230414.9474	2184.2500	174874.2121	111235.7238	23254338.3384	493911430.0000
2013	347373084.5605	231037.9378	2126.9167	174064.6400	110201.2075	23450616.1127	533441578.6667
2014	357752853.0050	231660.9239	2235.8333	172831.9191	109718.4957	22358913.0577	542749460.6667
2015	352330079.1360	232283.8100	2422.9167	171608.2552	110546.7383	22463328.4940	549510000.5000

续附表 3 测度美国农业生产要素贡献的原始数据

Year	农业总产出数量/ 2015 年不变价千美元	农业用地总量 / 千公顷	农业劳动力总数 / 千人	农业机械库存总量 / 1000 米制马力	农业牲畜存栏总量 / 千头	农业肥料总量/ 吨	农业饲料总量/ 兆卡
2016	381463412.8284	232906.7961	2459.3333	170393.5774	113726.1645	23139262.6459	578793456.3333
2017	372939546.7423	233529.6779	2453.8333	167990.9000	116038.9752	23439050.2758	555559233.6667
2018	377053782.4400	233530.5331	2424.3333	161523.9600	115851.0553	22142880.3028	573557232.0000
2019	367035440.3471	233530.5331	2424.5833	162461.3999	117133.9087	23003770.6472	616216719.5000
2020	379485699.2727	233530.5331	2348.4167	157915.9138	116098.7152	23393184.9762	610770785.4888

资料来源：依据 IAP 数据产品整理可得。

附表 4 测度德国农业生产要素贡献的原始数据

Year	农业总产出数量/ 2015 年不变价千美元	农业用地总量 / 千公顷	农业劳动力总数 / 千人	农业机械库存总量 / 1000 米制马力	农业牲畜存栏总量 / 千头	农业肥料总量/ 吨	农业饲料总量/ 兆卡
1990	53775560.4138	13077.4165	1357.0424	66087.0000	26092.1849	4412882.7632	92232553.4367
1991	49417668.1901	12443.2013	1316.8020	63085.5130	24394.1416	3951818.8337	81711195.6525
1992	46886674.3849	12336.1026	1267.6070	55926.0000	21385.5422	3716789.8769	77944767.5703
1993	46267438.1366	12540.6923	1271.7410	54965.6400	20746.9846	3523969.5411	84842156.9751
1994	44684238.7863	12668.5757	1170.9920	53406.0000	20422.6883	3747788.7802	85590409.8569
1995	46022725.9377	12693.6116	1134.3040	51499.5704	20208.5197	3653738.0857	91795912.6560
1996	47193657.1650	12695.7641	1045.6780	50395.4191	19977.1293	3642504.9079	90400463.8324
1997	47493665.1578	12691.1990	1038.5370	47362.3998	19953.2564	3679811.5168	90122249.6673
1998	48262904.3519	12738.1049	987.8580	45538.1283	19607.4472	3746547.8611	94854186.6609
1999	49703652.8170	12654.7910	1033.4760	43810.9822	19660.6877	3862519.0272	89186942.5381
2000	50243677.4480	12630.5758	958.0390	42091.8009	19273.0989	3535979.4479	97922885.4464
2001	50464332.8862	12630.2312	955.5300	41077.1183	19215.3571	3400014.7248	100629547.4600
2002	48237749.6861	12603.0182	902.1710	40087.0973	19019.6234	3377126.5023	100371227.0616

续附表 4 测度德国农业生产要素贡献的原始数据

Year	农业总产出数量/ 2015 年不变价千美元	农业用地总量 / 千公顷	农业劳动力总数 / 千人	农业机械库存总量 / 1000 米制马力	农业牲畜存栏总量 / 千头	农业肥料总量/ 吨	农业饲料总量/ 兆卡
2003	46211473.8	12640.2237	871.072	39072.6306	18590.8352	3364938.46	94665913.3
2004	51260195	12702.0444	835.186	38108.2038	18061.8629	3306486.22	103828219
2005	49359780.5	12708.3388	863.001	37168.078	18138.7185	3235777.22	108156373
2006	48261531.8	12667.5018	843.048	36574.8847	17804.3656	3041869.95	106634378
2007	49187325	12690.1922	857.977	35998.7324	17954.0281	3376418.98	100640744
2008	51633810.4	12750.2445	687.759	35388.9296	18117.454	2654687.91	112014793
2009	52637744.2	12769.5965	647.223	34804.3258	18139.808	2917816.03	113619321
2010	50637663.8	12665.1219	625.793	34242.6979	17909.3447	3247142.09	101215001
2011	50949295.2	12697.71	637.787	33697.8531	17805.4387	3012532.12	99387258.8
2012	51420588.2	12659.0157	610.602	33151.6689	18001.7059	3104094.03	103993783
2013	51926970.8	12703.7922	571.694	32614.7528	18447.1136	3186500.28	109278595
2014	55065482.9	12701.2234	569.445	32162.2133	18255.782	3343954.83	111244020
2015	53096276.6	12680.9992	560.507	31701.356	18229.577	3158088.97	112477619
2016	52314403.8	12593.5965	539.863	31223.9143	18210.544	3077357.77	104775185
2017	52164786.7	12603.5741	531.859	30788.1506	18111.635	2850873.34	105752784
2018	48985543.1	12562.3858	523.717	30335.5832	17601.0527	2686952.23	95264058.1
2019	50063278.1	12548.9642	510.541	29983.5689	17252.998	2761100.25	108742594
2020	50619014.7	12495.9867	504.14	27854.4055	16980.47	2612825.56	107024898

资料来源：依据 IAP 数据产品整理可得。

致谢

三年前的那个春夏仍然让我记忆犹新，正是我考研结束后从等成绩到录取的阶段，虽然在胜利的喜悦中夹杂着些许的苦涩，但我非常感激幸运之神对我的眷顾，让我在母校继续读研。三年后的今天，转眼就到了研究生毕业之际，随着离校日期的临近，这篇学位论文也即将完成。从开题到论文的顺利完成，都离不开导师和同学们热心的帮助。

感谢我的导师马蓉老师对我生活和学业上无微不至的关心和帮助。在读研期间，带领我们参加了各种项目和专业比赛以及社会实践，并且定期安排会议互相交流学习；老师开阔的视野、严谨的治学态度、精益求精的工作作风，深深地感染和激励着我；在项目中，跟随马蓉老师的脚步提升了我写文章的能力；在比赛中，马蓉老师的指导教会我们在拿到一个题目之后如何去有思路的展开，并在获奖之后也锻炼了如何在短时间内做好论文汇报的能力；在社会实践方面，老师提供给我们实习经历和社会调研经历，让我们在学习之余贴近与社会的接触，从而将所学切实的应用到生活中；在论文写作过程中，马蓉老师给出很多启发和对问题更为深刻的思考，并在初稿修改期间给出详细的修改意见，在此，我表示深深的谢意！

最后感谢我的师兄师姐、师弟师妹以及其他同学对我的帮助，感谢我亲爱的研究生室友们对我三年的陪伴，感谢家人在我背后一直默默地支持我，使我能够顺利完成学业。