

分类号 _____
U D C _____

密级 _____
编号 _____



硕士学位论文

论文题目 农业保险对农业碳排放的影响研究
——基于多重中介效应模型

研究生姓名: 刘泽葳

指导教师姓名、职称: 高树棠 教授

学科、专业名称: 保险学

研究方向: 农业保险

提交日期: 2024年6月2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科研成果。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： 刘济敏 签字日期： 2024年6月2日

导师签名： 马树奇 签字日期： 2024年6月2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： 刘济敏 签字日期： 2024年6月2日

导师签名： 马树奇 签字日期： 2024年6月2日

导师(校外)签名： _____ 签字日期： _____

**Study on the influence of agricultural
insurance on agricultural carbon emission
——Based on multiple intermediary
effects model**

Candidate : Liu Zewei

Supervisor: Gao Shutang

摘 要

2020年9月,习总书记在第七十五届联合国大会上提出中国二氧化碳排放要力争在2030年前达到峰值,在2060年前实现碳中和。2022年6月,农业农村部、国家发改委联合印发的《农业农村减排固碳实施方案》中明确提到要围绕种植业节能减排、农机节能减排等6项重要任务以及实施化肥减量增效、科技创新支撑、可再生能源替代等10大重要行动,说明控制农业碳排放已势在必行。目前,已有学者表明,农业保险除了具有稳定生产、保障收入的作用之外,还能影响农业生产中温室气体的排放。一些学者认为,参与农业保险的农户会在农业生产过程中改变化肥、农药等生产资料的投入情况以及农业技术方面的应用,进而影响农业碳排放量。

本文总结吸纳国内外学者的研究成果,基于2010年-2021年全国30个省市自治区(不包括西藏自治区和港澳台地区)的农业保险与农业碳排放相关数据,建立双向固定效应模型和中介效应模型,并将农村人力资本作为调节变量,对农业保险的碳减排效果以及调节效应进行实证检验,试图找到农业保险的直接效应与间接效应、找到农业保险可以通过何种路径来减少农业碳排放。最后,通过实证结果总结研究结论,并根据农业保险发展现状和农业碳排放现状提出几点建议。

研究表明:农业保险对农业碳排放确实有显著影响。农业保险发展水平的提高可以显著减少农业种植方面的碳排放量,农业保险密度和农业保险覆盖广度每增加1%,农业碳排放就会分别减少0.0161%和0.0779%;农村人力资本的存在可以放大农业保险的碳减排作用,并且农村人力资本本身也会有效减少农业碳排放量;农业保险在中部地区碳减排作用效果最大,东部地区和西部地区次之,而在东北地区显著性较差;农业保险可以通过农业种植结构和农业技术进步这两条路径来影响农业碳排放。

最后,本文给出以下几点建议:第一、坚持贯彻实施农业保险的相关政策,逐步扩大农业保险的覆盖品种及覆盖范围,使农业保险真正实现“高覆盖、高保障”;第二、要切实提高农村人力资本水平,加强对农村、农民等与农业生产相关的人员的教育培养;第三、要因地制宜发展农业保险;第四、加强农业保险政策与环境保护政策的配合程度,引导政府支农力度向节能环保方向靠近;第五、要加大对农业生产方面高新技术的资金投入力度,鼓励高科技公司研发农业高新

技术，发展新质生产力，同时需要创新推广绿色农业保险产品。

关键词： 农业保险 农业碳排放 中介效应模型

Abstract

In September 2020, at the 75th United Nations General Assembly, Chinese leaders proposed that China's carbon dioxide emissions should peak before 2030 and achieve carbon neutrality by 2060. In June 2022, the Ministry of Agriculture and Rural Affairs and the National Development and Reform Commission jointly issued the Implementation Plan for Emission Reduction and Carbon Sequestration in Agriculture and Rural Areas, which clearly mentioned six important tasks, such as energy conservation and emission reduction in planting industry and agricultural machinery, and 10 important actions, such as reducing the amount of chemical fertilizer and increasing its efficiency, scientific and technological innovation support, and renewable energy substitution. This shows that it is imperative to control agricultural carbon emissions. Currently, scholars have shown that agricultural insurance, in addition to stabilizing production and ensuring income, can also affect greenhouse gas emissions in agricultural production. Some scholars believe that farmers participating in agricultural insurance will change the input of fertilizers, pesticides and other means of production and the application of agricultural technologies in the process of agricultural production, and then affect agricultural carbon emissions.

Based on the relevant data of agricultural insurance and agricultural carbon emissions in 30 provinces, cities and autonomous regions

(excluding Tibet Autonomous Region and Hong Kong, Macao and Taiwan) from 2010 to 2021, this paper summarizes the research achievements of domestic and foreign scholars, establishes a two-way fixed effect model and an intermediary effect model, and takes rural human capital as a moderating variable. This paper empirically tests the carbon emission reduction effect and regulatory effect of agricultural insurance, tries to find the direct and indirect effects of agricultural insurance, and finds the path through which agricultural insurance can reduce agricultural carbon emissions. Finally, this paper summarizes the research conclusions through the empirical results, and puts forward some suggestions according to the current situation of agricultural insurance development and agricultural carbon emission.

The results show that agricultural insurance has a significant impact on agricultural carbon emissions. The improvement of the development level of agricultural insurance can significantly reduce the carbon emissions of agricultural planting. If the density of agricultural insurance and the coverage breadth of agricultural insurance increase by 1%, the agricultural carbon emissions will decrease by 0.0161% and 0.0779%, respectively. The existence of rural human capital can amplify the carbon emission reduction effect of agricultural insurance, and rural human capital itself can effectively reduce agricultural carbon emissions. The effect of agricultural insurance on carbon emission reduction was the

largest in the central region, followed by the eastern region and the western region, and was less significant in the northeast region. Agricultural insurance can affect agricultural carbon emissions through two paths: agricultural planting structure and agricultural technology progress.

Finally, this paper gives the following suggestions: First, adhere to the implementation of the relevant policies of agricultural insurance, and gradually expand the covered varieties and coverage scope of agricultural insurance, so that agricultural insurance can truly achieve "high coverage and high security"; Second, it is necessary to effectively improve the level of rural human capital, and strengthen the education and training of rural farmers and other personnel related to agricultural production; Third, we should develop agricultural insurance according to local conditions; Fourth, strengthen the degree of cooperation between agricultural insurance policies and environmental protection policies, and guide the government's efforts to support agriculture to the direction of energy conservation and environmental protection; Fifth, it is necessary to increase the capital investment in high-tech agricultural production, encourage high-tech companies to research and develop agricultural high-tech, develop new quality productivity, and innovate and promote green agricultural insurance products.

Keywords : Agricultural insurance Agricultural carbon emission
Intermediary effect model

目 录

1 绪论	1
1.1 研究背景.....	1
1.2 研究目的及意义.....	2
1.2.1 研究目的.....	2
1.2.2 研究意义.....	2
1.3 研究内容与方法.....	3
1.3.1 研究内容.....	3
1.3.2 研究方法.....	5
1.4 可能的创新点.....	5
1.5 国内外文献综述.....	6
1.5.1 关于农业碳排放的研究.....	6
1.5.2 关于农业保险影响农业碳排放的研究.....	7
1.5.3 文献评述.....	11
2 理论基础与机制分析	12
2.1 相关概念.....	12
2.1.1 农业保险.....	12
2.1.2 农业碳排放.....	12
2.2 理论基础.....	13
2.2.1 库兹涅茨曲线理论.....	13
2.2.2 农业可持续发展理论.....	13
2.2.3 农业保护理论.....	14
2.2.4 信息不对称理论.....	14
2.3 农业保险对农业碳排放的作用机制分析.....	15
3 现状分析	17
3.1 中国农业碳排放现状分析.....	17
3.2 中国农业保险的发展现状.....	18

4 变量选择与模型设定	21
4.1 样本选取与数据来源.....	21
4.2 变量选取与说明.....	21
4.2.1 被解释变量.....	21
4.2.2 核心解释变量.....	22
4.2.3 中介变量.....	22
4.2.4 调节变量和控制变量.....	23
4.3 模型构建.....	23
5 实证分析	25
5.1 描述性分析.....	25
5.2 基准回归分析.....	25
5.3 调节效应分析.....	26
5.4 异质性分析.....	28
5.5 中介效应分析.....	29
6 研究结论与建议	35
6.1 研究结论.....	35
6.2 建议.....	36
参考文献	38
后记	42

1 绪论

1.1 研究背景

自从“碳达峰”、“碳中和”目标提出以来，一直成为中国现代化建设的核心议题。自1965年以来，中国碳排放量不断增加，占全球碳排放的比重也不断增加，而一些发达国家很早就开始注重碳排放情况，像德国、英国、美国等在2021年已经实现“碳达峰”。所以，相比与其他国家我国减排压力更大，实现“双碳”目标变得刻不容缓。农业作为除工业外温室气体排放的另一重要来源，其生产过程中产生的碳排放量以及由碳排放引起的环境问题愈来愈引发政府和学者们的关注。2021年9月，农业农村部等6部门联合印发了《“十四五”全国农业绿色发展规划》，《规划》强调以构建绿色低碳循环发展的农业产业体系为重点，到了2025年力争实现农业资源利用率提高、农业生态系统得到改善、减排固碳能力明显增强。2021年10月，《2030年前碳达峰行动方案》就提到要推进农村建设和用能低碳转型。同年12月，国务院再次印发了《“十四五”节能减排工作方案》，方案中提到要大力推进农业农村节能减排工程，加快可再生能源的应用，发展节能大棚，推进农药化肥的减量增效、农膜农药等废弃物的处理。2022年10月，二十大报告中又强调要积极稳妥推进碳达峰碳中和，并明确指出推动经济社会绿色化、低碳化发展才是实现高质量发展的关键。

农业保险作为农业生产生活的风险保障工具，在一定程度上可以促使农民优化生产方式，进而提高能源的使用效率，减少农业碳排放。毛慧（2022）通过调查问卷发现农业保险能通过促进农户参与生产性信贷来促进其采用绿色农业技术；马九杰（2021）发现农业保险可以通过影响农业规模效应、农作物结构效应、农业技术进步这三条路径进而影响农业碳排放情况。还有不少学者认为农业保险会促使农业生产向集约化、专业化发展，但可能在转型过程中会加大农药、化肥等化学品的施放量，进而增加了农业碳排放。于是，本文借鉴众多国内外学者的研究成果，进一步探究农业保险对农业碳排放的影响机制，希望通过理论分析及实证检验来得到农业保险的作用机制，并结合农业保险的发展给出减少农业碳排放的合理建议。

1.2 研究目的及意义

1.2.1 研究目的

本文基于 2010-2021 年全国 30 个省市自治区（不包括西藏自治区和港澳台地区）的面板数据，通过建立固定效应模型和中介效应模型对农业保险影响农业碳排放的机制和作用效果进行实证分析，意图找到农业碳减排的作用路径，并结合我国双碳目标的实现过程给出合理建议。具体目的如下：

（1）通过对农业保险、绿色农业、双碳等重要概念及相关理论、文献的梳理和总结，找到农业保险影响农业碳排放的作用路径及理论机制，并建立理论框架来说明农业保险与农业碳排放之间的关系。

（2）通过收集全国 30 个省市自治区的数据并建立实证模型，从定量角度去检验农业保险的作用效果及传导机制。

（3）根据理论分析和实证检验的结果，从农业保险的角度提出减少我国农业碳排放的对策与方法，并结合农业保险发展现状给出改进建议。

1.2.2 研究意义

自从政策性农业保险试点以来，农业保险一直都是稳定粮食生产、保障农民收入的有效工具之一。随着“双碳”目标的提出，农业保险高质量发展对于农业低碳生产有了新的研究意义。农业既是碳排放的来源之一，又是发挥固碳作用的重要途径之一，因此研究农业碳减排符合“绿水青山就是金山银山”的绿色发展目标。

（1）理论意义：本文通过梳理农业碳减排相关理论并参考国内外研究成果，试图从农业保险角度分析农业碳减排的作用路径，丰富绿色农业体系下的理论研究成果。除此之外，本文的研究基于现有研究成果的基础上开发新的思路，为农业保险高质量发展和农业助力“碳达峰”“碳中和”目标的实现提供新的研究视角。

（2）现实意义：第一、通过理论与实证的分析发掘出农业保险的碳减排功能，对农业保险高质量发展提供新的调整方向。第二、通过对作用路径的检验可

以改变农业绿色生产的发展方向，从“高投入、高产出、高污染、高排放”的粗放型发展模式向“绿色化、规模化、科学化、可持续化”的新型发展模式转变。第三、希望通过本文的研究可以为人们在农业生产、农业保险发展等层面上的科学决策提供理论支撑。

1.3 研究内容与方法

1.3.1 研究内容

本文研究的主要内容分以下六个部分：

第一章：引言。首先，阐述本文的研究背景与研究意义；然后，对国内外研究做一个综述，在现有研究基础上提出本文的研究目的、研究方法、研究框架、可能的创新与不足等。

第二章：理论基础与机制分析。本章首先将相关主要概念进行介绍，然后再列举农业保险主要功能、环境效应、碳排放治理等方面的相关理论，为以下的理论分析和实证分析作理论支撑。其次，梳理并总结农业保险与碳排放方面的文献，找到农业保险对农业碳排放的影响机制，并进一步分析加以创新。

第三章：农业碳排放与农业保险的发展现状分析。本章梳理了2007年政策性农业保险试点以来所经历的改变与发展，并且以发展的眼光分析农业保险以后的转变方向以及如何发挥农业保险促进绿色农业的作用。除此之外，本章还梳理了农业方面碳排放的变化过程，试图说明农业碳减排也是降低整体碳排放过程中最为重要的一环，发展绿色农业是大势所趋。

第四章：变量选择与模型设定。本章首先介绍了数据来源、变量选取、模型设定等实证分析前的准备工作。然后，建立面板双向固定效应模型为下一章实证分析做准备。

第五章：农业保险对农业碳减排的实证分析。包括基准回归、稳健性检验、异质性分析、中介效应检验等。本章是在第四章基础上进行实证检验，在已有面板模型的基础上建立中介效应模型，检验农业保险对农业碳排放的影响机制，找到不同的传导路径。最后，根据基准回归、异质性分析、中介效应的检验等一系列结果进行分析总结，为第六章对策建议做铺垫。

第六章：研究结论与对策建议。本章主要是总结前面理论分析与实证分析的结果，然后再根据结论从农业保险角度提出对策建议，合理科学地降低农业碳排放，为实现“双碳”目标贡献微薄力量。

本文的技术路线图如下所示：

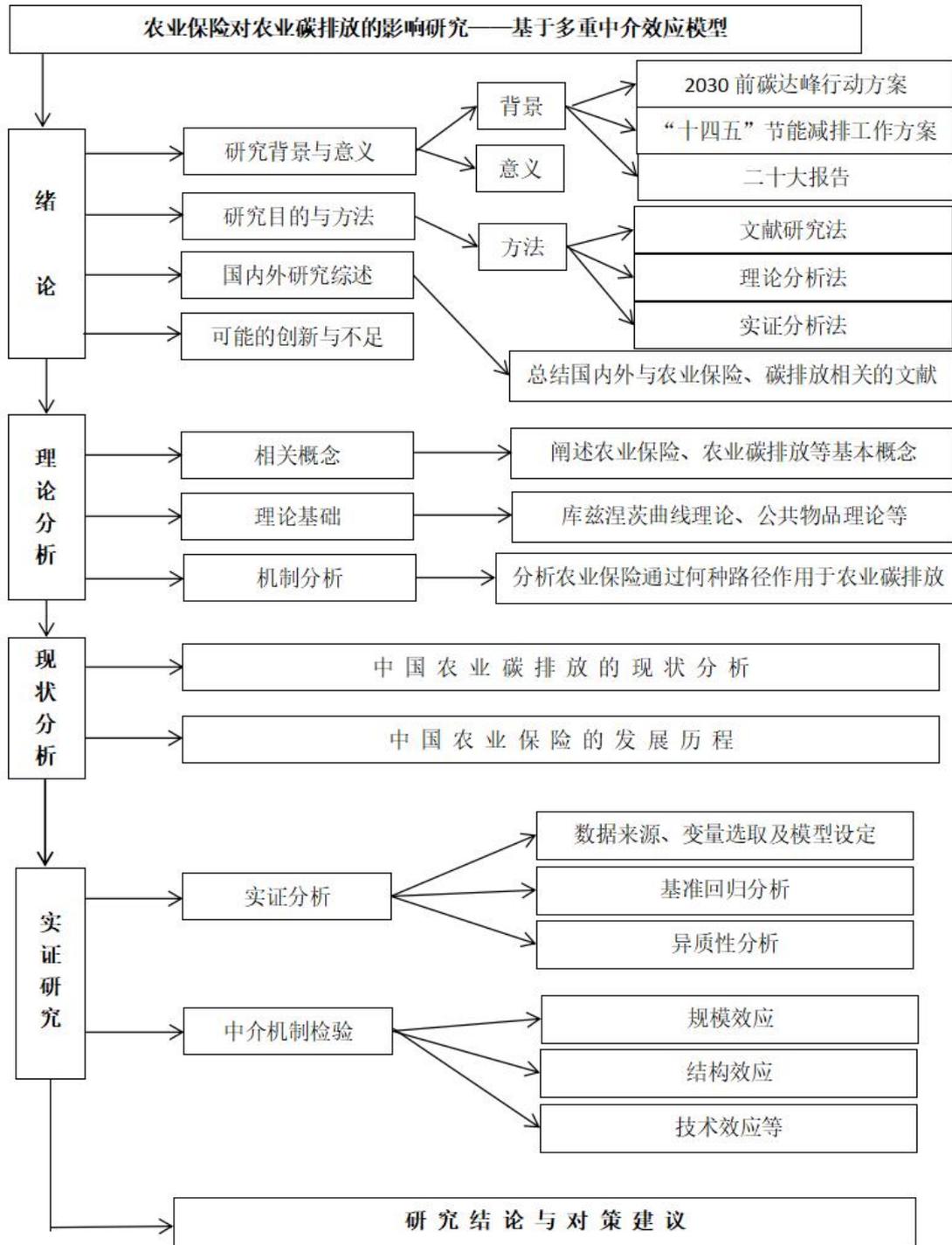


图 1.1 技术路线图

1.3.2 研究方法

本文的研究方法可以归纳为以下三类：

(1) 文献研究法

本文通过对大量国内外文献的梳理与总结，归纳了有关农业碳排放、农业保险环境效应等方面不同的研究成果和研究结论，并重点研究了两者之间关系的文献。通过大量的文献积累，为之后的写作提供理论基础和研究方向，同时也能从不同学者的研究中找到新的思路和突破点。

(2) 理论分析法

本文通过了解经济学方面、农业方面、农业保险方面以及碳排放相关的理论，比如农业可持续发展理论、外部性理论、库兹涅茨曲线理论、福利经济学理论、公共物品理论等，分析出农业保险对农业碳排放的影响机制，为后文的实证研究打下基础。

(3) 实证分析法

本文通过收集 2010-2021 年全国 30 个省市自治区的农业保险数据、碳排放数据、农业技术进步等中介变量数据、工业化率等控制变量数据，建立固定效应模型，对农业保险的碳减排作用进行实证检验。之后，再通过分地区进行异质性分析，得到农业保险在不同地区的作用程度。最后，再根据机制分析建立中介效应模型，讨论农业保险影响农业碳排放的传导路径。

1.4 可能的创新点

本文的创新点主要有以下几点：首先，从研究视角来看，本文将农业保险与农业碳排放直接联系起来，讨论农业保险的环境效应。并且，本文是将经济学、保险学、环境学三者有机结合，更能体现经济学的广泛性以及保险学的适用性。其次，从研究内容来看，本文不仅对农业保险的碳减排效应做了异质性分析，还继续补充了以农村人力资本为调节变量的调节效应检验和以农业经营规模、农业种植结构、农业技术进步为中介变量的中介效应检验，相对来说研究更加丰富饱满，更具有说服力。最后，从研究结论和建议来看，本文针对性地从中介变量、调节变量、控制变量等多个方面提出相应建议，与其他研究成果不同，具有

一定的创新点。

1.5 国内外文献综述

1.5.1 关于农业碳排放的研究

(1) 农业碳排放的现状特征

农业部门具有碳汇功能，同时也排放温室气体。Sinéad（2021）在研究爱尔兰农业碳排放时发现，农业是爱尔兰碳排放总量的最大贡献者。谭秋成（2011）在研究中国农业温室气体排放时发现，从1980年至2009年，碳排放量以年均1.46%逐年增长。碳排放来源方面，化肥、农药等要素投入产生的排放占比最大，达到了34.14%，土壤排放占比达到了30%左右，其余占比部分为畜牧生产和水稻种植。在当时，农业碳排放问题主要集中在化肥等化学品使用以及能源消耗方面，专家学者们逐渐意识到农业碳排放问题愈发严峻。

胡初枝（2008）基于EKC模型研究中国碳排放特征时发现，碳排放与经济增长之间呈现出“N”型关系，与环境库兹涅茨曲线所描述的“倒U型”有所不同。这说明我国碳排放与及发展之间处在一个非均衡、非协同的发展阶段。除此之外，胡初枝在分行业计算碳排放量时发现，农林牧渔产业碳排放量在2006年前一直处于增长状态。崔宁波等（2023）基于粮食主产区面板数据，对农业面源污染与农业经济增长进行了EKC检验，通过异质性分析发现不同组别的农业面源污染EKC形状和拐点各不相同，但多数粮食主产区仍未跨过拐点，即农业面源污染仍然会随着农业经济增长而增长。

沈国际（2021）在研究农业绿色生产效率时发现，碳排放方面中部地区农业碳排放总量最高，东部地区居中，西部地区最低；碳吸收方面，西部地区农业碳吸收总量最高，东部地区最低。总体来看，西部地区净碳吸收量最高。邓悦（2022）认为，农业碳排放强度虽呈不断下降趋势且地区间差距在不断缩小，但不存在收敛性，即地区间的碳排放差距在缩小后又不断扩大。

(2) 农业碳排放的影响因素

李波（2011）基于Kaya碳排放恒等式对我国农业碳排放影响因素进行分解分析，发现效率因素、结构因素、劳动力规模都会在一定程度上抑制农业碳排放

量。并且，农业碳减排的效果大小排序依次为：劳动力规模因素 > 农业结构因素 > 农业生产效率因素。而农业经济发展成为了农业碳排放增加的最主要因素，这是因为我国经济发展与碳排放的关系仍处在 EKC 曲线拐点的左侧，所以之后的一段时间内经济发展都会增加碳排放量。

王宝义（2018）在研究中国农业生态效率的省级差异及影响因素时发现，东部农业生态效率要高于中部和西部，且东部、中部、西部农业生态效率差异呈一定的发散趋势。此外，人均农业增加值、农业规模化水平对农业生态效率有正向作用，农业受灾率、农业机械化程度、农民经营性收入、财政支农水平、工业化水平都对农业生态效率存在负向效应。

张永强等（2019）认为农村人力资本和农业技术进步是影响农业碳排放的重要因素。王晓润（2023）也通过研究发现，除了农业技术进步这个中介变量能抑制农业碳排放之外，农业人力资本作为调节变量在农业减排过程中表现出显著的调节作用，同样有利于农业的绿色低碳发展。程秋旺（2022）在研究农业碳减排实现路径时发现，数字普惠金融可以通过影响农民创业效应和农业技术进步效应来降低农业碳排放的强度。

范东寿（2022）认为，农业技术进步对碳排放强度的影响要分情况讨论，如果农业技术进步偏向于“清洁生产”，那么农业产出增加的同时，农业碳排放强度就会呈下降趋势；倘若技术进步偏向于“非清洁生产”，那么农业产出增加的同时必然伴随着碳排放总量的增加，此时的碳排放强度取决于二者之间的大小关系，即技术进步对碳排放强度的影响方向不确定。除此之外，农业结构的合理化也会影响碳排放强度，越合理则化学能源利用效率越高，农业碳减排效果越好。邓悦（2022）研究发现，不同类型的农业绿色技术进步对碳排放强度的作用路径效果不同。其中，环境友好型农业绿色技术进步（ACGTP）的直接效应、中介效应和总效应均显著大于资源节约型农业绿色技术进步（AEGTP），并且在东部地区和非粮食主产区的中介效应更显著。学者（Liu, 2022）指出经济发展水平可能会增加农业碳排放，然而农业生产效率、劳动力规模、农业生产结构对减少碳排放有积极作用。

1.5.2 关于农业保险影响农业碳排放的研究

(1) 农业保险对农业生产行为方面的影响

钟甫宁等(2006)认为是否购买农业保险会对化肥、农药、农膜的施用行为产生影响。宁满秀(2007)构建了理论框架,认为购买农业保险会产生环境效应,是因为购买农业保险这一行为会潜在影响到农用化学要素的投入。但张伟(2012)和罗向明(2016)认为,虽然农业保险的出现使得低效率的多样化种植方式逐渐向规模经济下的专业化、集约化种植模式发展,但农业保险引致的种养业分离确实导致了农用化学品施用量的增加。这样一来,由政策性农业保险补贴引致的农业生产方式的变化反而会对农村生态环境造成负面影响。因此,罗向明提出农业保险的绿色补贴模式,即针对“低碳农业”和“高碳农业”实施差异化补贴、通过政策引导种养结合的循环生产方式。秦国庆(2023)使用渐进双重差分模型评估了政策性农业保险的化肥、农药、农膜减量效应。结果发现,农业保险对化肥、农药、农膜的减量作用显著;又通过机制检验发现,政策性农业保险的出现不仅会使农户改变原有的种植结构,还会在不同程度上改变农户的种植规模以及一些生产技术的选择,这些改变会直接影响化肥、农药、农膜的投入情况。除此之外,作者还发现对于一些受灾农作物的保险赔付支出越多、农村居民的农业收入占比越高,政策性农业保险的化肥、农药、农膜减量化效应越强。

关于农户是否选择低碳行为,国内外学者有不同的研究结果。Elaine(2013)研究棉花农户的生产行为时发现,风险偏好会影响农民的农药使用情况,即农业经营者的生产方式与其风险厌恶程度有关,因为采取低碳的生产行为往往需要农业经营者承担一定的风险。所以直觉上来看,提高农业经营者的风险管理能力能够促使其调整传统的生产方式,进而减少其在生产过程中的高碳行为。蔡键(2014)则认为影响农民大量使用农药这一行为的因素主要是由于农民在购买农药时没有正确了解到农药的合理适当使用原则,这一信息不对称现象也称为“外部信息失效”。所以,作者认为“外部信息失效”才是影响农民农药使用情况的关键因素,而不是“风险偏好”。田云等(2015)运用二元 Logistic 模型探讨农户农业低碳行为的影响因素时发现,从户主个人特征来看,户主为男性、户主年龄越小、户主务农年限越长越倾向于选择农业低碳生产行为;从家庭和专业知识获取角度来看,耕地面积越大,越容易采用“高投入、高产出”的高碳生产模式,且缺乏

专业知识的家庭更容易大量使用化肥、农药等化学品。蒋琳莉等（2018）基于湖北省 102 户稻农的深度访谈资料，对稻农低碳生产行为的影响机理进行了研究。研究表明，低碳生产态度、行为效能感知决定了稻农的低碳生产意愿，而生产实施成本与社会环境因素则调节着“意愿→行为”之间的关系强度，所以作者认为要从多个方面来引导农户采用低碳生产行为。沈雪等（2018）基于人际行为理论（TIP）从低碳行为意愿、行为态度、社会规范、环境情感、水稻种植习惯、低碳行为能力、便利条件等方面对稻农低碳生产行为的作用机理进行了分析。最终发现，低碳行为意愿、低碳行为能力是稻农低碳生产行为的直接动因，而行为态度、社会规范、环境情感等其他因素则通过影响低碳行为意愿、低碳行为能力间接作用于低碳生产行为。

（2）农业保险对农作物结构方面的影响

除此之外，由于农业保险“保粮食、稳生产”的功能特点，农业保险的发展同时也推动了农作物结构的调整，激励更多的农业经营者主动去增加种植粮食作物。赵长保（2014）在研究美国农业保险政策动向时发现，美国已有 150 多种农作物被纳入农作物保险覆盖范围，并且联邦还鼓励农作物保险的开发与创新。庾国柱（2018）和张伟（2019）认为，市场上的农业保险有 95% 都是财政补贴的政策性农业保险，这些保险所涵盖的农作物品种主要与粮食安全有关，所以二人同样认为农业保险的发展确实会使农业经营者更多地种植粮食作物，与此同时，农业保险的发展也提高了农民的农业专业化水平。罗斯炫等（2020）基于粮食主产区研究发现，粮食种植比重的增加有助于区域内农业碳排放的减少。因为相比其他作物而言，粮食作物生产中需要的化学品用量一般更少，因此农作物“趋粮化”有助于降低农用化学品的施用量，进而减少碳排放水平。

（3）农业保险对农业技术进步方面的影响

再有，不少学者认为农业保险还会通过影响农业技术进步来进一步影响农业碳排放。杨钧（2013）研究发现，虽然农业技术进步会增加农业碳排放总量，但农业技术进步有利于农业碳排放强度的降低，并且随着人力资本的提升，农业技术进步对降低农业碳排放会发挥出更积极的作用。陈俊聪（2016）认为，政策性农业保险通过农业技术进步效应促进了中国农业全要素生产率的增长。李燕（2018）运用 GMM 方法检验了农业保险与绿色技术进步的内在关系，发现农业保

险对农业绿色技术进步有显著的促进作用。Mohanad（2018）在研究约旦农业技术与碳排放之间的关系时发现，由于约旦的水资源和化石能源资源稀缺，所以碳排放与机械化水平、化肥施用量、农作物播种面积、农业产值增加值、实际收入、粮食和牲畜产量、水资源获取途径、政府补贴等因素密切相关。研究结果还表明先进的生产技术会降低温室气体排放，并且水资源与实际收入对碳排放影响越来越大。

毛慧等（2022）基于新疆 349 户植棉农户田野调查数据进行实证分析，发现农业保险可以通过提高农户生产性信贷来促进农户绿色农业技术的使用。乔伟珂（2021）通过实证分析发现，农业保险可以通过促进农业技术的进步来提高农业绿色生产率，进而实现农业产业绿色发展。戴楚翘（2022）通过研究内蒙古农业保险对农业碳排放的影响机制发现，农业保险可以通过农业技术进步这个中介效应来达到降碳减排的效果。余宗昀（2022）利用种植业数据构建有调节的多重并行中介效应模型，结果却发现农业保险抑制了农业固碳效果，即农业保险会增加农业碳排放。他认为农业保险通过提升种植专业化水平会促进农业净碳汇，但农业保险通过促进农业技术进步则会抑制农业净碳汇。

总之，马九杰（2021）认为农业保险影响农业碳排放的作用路径有三条：农业经营规模、种植结构调整和农业技术进步。并且通过机制分析得出，农业经营规模扩大和粮食作物比重增加是农业保险减碳的有效机制，而农业保险发展虽然能够促进农业技术进步，但并不会进而推动农业生产技术的低碳化转型，即农业技术进步这条路径减碳作用不显著。周法法（2022）运用 SBM 模型和 GML 指数方法测算了农业绿色全要素生产率，并且通过建立双向固定效应模型对农业保险与农业绿色全要素生产率的关系进行了实证检验。结果发现，农业经营规模、农业种植结构调整和农业技术创新是农业保险发展推动农业绿色全要素生产率提升的重要中介路径，且在作用程度上呈依次递减。

徐雯（2023）运用双重差分法分析了完全成本保险和收入保险试点的开展对农业碳排放水平的影响效应及作用机制。作者同样认为从农业保险到农业碳排放水平有三条路要走：第一、通过保费补贴比例影响土地利用决策，即规模效应；第二、通过保险标的范围影响资源配置决策，即结构效应；第三、通过风险保障水平影响要素投入决策，即收入效应。张壮（2023）也认为，农业保险有利于推

动生产专业化,以结构优势提高资源利用率;农业保险有利于促进农业技术进步,实现减碳经验与技术的外溢。农地经营规模扩张有利于减少农业碳排放,但中国政策性农业保险对农户规模扩张的激励并不明显,规模扩张并未成为政策性农业保险减碳的核心机制。

然而,关于农业保险的发展,不同学者有不同的看法。李燕(2018)认为农业保险是促进农业发展由过度依赖资源消耗向绿色可持续发展转变的重要手段。Peter(2020)认为政府进行农业保险补贴之前要建立有利的保险环境,即基本公共物品要到位,否则政府的财政负担巨大的同时补贴效率也不高。乔伟珂(2021)认为农业保险虽在近十几年里呈现出快速发展趋势,但西部与东部发展不平衡问题仍然存在。谢政璇(2023)基于碳排放视角下研究农业保险的环境效应时发现,农业保险的规模越大,农业碳排放量就越低。因此,作者认为要想真正发挥好农业保险的碳减排功能,就要有一定的绿色导向,引导和支持低碳农业、绿色技术等相关险种的开发。

1.5.3 文献评述

总体来看,有不少学者探究了中国农业碳排放的影响因素,也有不少学者对农业保险影响农业碳排放的作用路径进行了理论分析与实证检验,但都没有一个相对统一的定论。比如,有些学者认为农业保险会减少化肥、农药等化学品的使用量,而有些则认为农业保险会增加化学品的使用量;有些学者认为农业保险可以通过影响农业技术进步来减少农业碳排放,相反,有些人却认为农业技术进步对农业碳减排的作用效果并不显著。因此,探究农业保险的发展对农业碳减排仍具有重大意义。

2 理论基础与机制分析

2.1 相关概念

2.1.1 农业保险

农业保险在 2007 年以前既包括商业性农业保险，也包括政策性农业保险。但由于在大多数保险公司中，农业保险业务属于利润几乎为零的业务，甚至一直是处于亏损状态的业务。这是因为农业保险具有着高风险高赔付的特点，这一特点使得众多保险公司放弃了农业保险这一业务范畴，再加上很少有农民主动参与投保农业保险，这样一来，农业生产缺乏保障，粮食安全问题愈发严重。从 2007 年开始，政府逐渐参与到农业保险业务范畴中来，选择一些粮食主产区进行农业保险试点，用财政补贴、保费补贴等方式让保险公司及农户积极投保农业保险，让农业生产和农民收入有了保障。试点地区的成功，让政策性农业保险逐渐发展起来，其保险覆盖品种及覆盖范围越来越广。具体而言，农业保险就是指农业生产主体在农业生产过程中对生产标的进行风险转移并在受到损害后提供一定经济补偿的保险产品，是转移和分散农业生产风险的一种金融工具。农民可以根据自身农业生产情况来投保具体的农业保险，选择需要进行保障的生产标的进行参保，然后选择与投保保费相对应的赔付比例，这样就可以根据投保保费从不同程度上对生产标的起到保障风险的功能，进而保障农业生产收入的稳定。

2.1.2 农业碳排放

碳排放就是指排放到空气中的温室气体，之所以叫“碳排放”是因为二氧化碳相对于温室气体中其他成分来说所占比例最多。实际上，温室气体包括二氧化碳、甲烷、氧化亚氮、氢氟碳化物、全氟碳化物、六氟化硫等 6 种气体，但在学术研究中，为了便于分析和处理，采用统一的计量标准，即用二氧化碳的排放量代指温室气体的排放量。

然而，对于农业碳排放的研究讨论虽然诸多，但始终没有形成一个统一的概

念,不同的学者在研究时给出了不同的概念界定。简单来说,农业碳排放就是整个农业生产过程中每个生产环节上自然发生的或由于人为主观因素迫使造成的温室气体的排放,这里温室气体的排放主要是用二氧化碳的直接或间接排量总量来表示。而具体来说,农业碳排放又分为广义和狭义两类。广义的农业碳排放主要包括农业生产中土地种植引发的碳排放、农作物生长过程中产生的碳排放以及畜牧业养殖过程中动物引起的碳排放,即种植业、农林牧渔业等多个方面多种农业生产活动过程中产生的碳排放总和。而狭义的农业碳排放则仅仅指种植过程中产生的碳排放量,目前国内的相关研究也主要集中在这一方面。李波(2011)等主要考虑了种植业各个环节产生的碳排放,并将农业碳排放具体归纳为6个方面,分别是化肥、农药、农膜、农业机械使用的柴油、土地翻耕、灌溉。田云(2013)将农业碳排放的研究范围进行了扩大,他认为只要是从事农业生产活动,所产生的任何温室气体都算作是农业碳排放。闵继胜等在研究中不仅考虑整个农业的碳源,还结合我国地理条件考虑了不同地区、不同生长周期水稻的碳排放系数,更加准确地测算了我国农业碳排放总量。然而,对于广义上农业碳排放的定义,又有学者针对畜禽养殖中肠道发酵和粪便管理所导致的甲烷与氧化亚氮排放进行了补充研究,主要包括牛(包括肉牛、奶牛、水牛)、马、羊(包括山羊和绵羊)、生猪、家禽等11种主要畜禽品种。本文所研究的碳排放仅指狭义上种植业方面的碳排放,不考虑广义范围内畜牧业等其他方面的碳排放。

2.2 理论基础

2.2.1 库兹涅茨曲线理论

库兹涅茨曲线(Kuznets Curve)理论最早是由美国经济学家 Kuznets 提出的,该理论的核心思想是指在经济发展的过程中,收入差距会随着人均收入的增长出现先升后降的趋势,即两者之间的关系曲线呈现倒“U”型。而后众多学者将经济学领域中的库兹涅茨曲线理论延伸到环境与经济的研究领域中,即在经济发展的初始阶段,随着能源等资源的大量消耗,会逐渐出现一系列环境污染问题;但是当经济逐渐发展到一定水平之后,人们开始追求生活质量的提升,然后通过提高机械化、现代化等技术水平、加大对污染的治理力度,来对环境污染问

题进行处理，以实现二者协调发展，该理论后来被称为环境库兹涅茨曲线（Environmental Kuznets Curve, EKC）理论。

2.2.2 农业可持续发展理论

农业可持续发展，是指采取某种合理使用和维护自然资源的方式，实行技术变革和机制性改革，以确保当代人类及其后代对农产品需求可以持续发展的一种发展模式。简单来说，它是一种通过管理、保护和持续利用自然资源，调整农作制度和技術，不断满足当代人类对农产品的数量和质量的需求，又不损害后代利益的农业，是一种能维护和合理利用土地、水和动植物资源，不会造成环境退化，同时在技术上适当可行、经济上有活力、能够被社会广泛接受的农业。而农业可持续发展理论就是在农业可持续发展模式上逐渐演变出来的，该理论强调农业技术的发展要适用当前农业生产情况，强调总体经济效益和社会效益要与节约资源、保护生态环境相统一，强调既要考虑当前情况，又不忽视长远规划。

2.2.3 农业保护理论

农业保护理论是指农业作为我国经济发展的重要基石，政府为了维持社会稳定与经济的均衡增长，必须出台一些与农业相关的扶持政策来保护农业生产。农业保险作为众多保护政策中的其中一个，发挥着至关重要的作用。自2007年农业保险逐渐发展以来，政府对农业保险的重视程度越来越高，农业保险的补贴力度及覆盖范围越来越大，由于其高风险高赔付的险种特性，想依靠农业保险发挥稳定生产、保障收入等作用来进行农业保护，政府必须进行干预。

农业保护理论还包括一些其他性质，例如公共产品、外部性等性质。农业的公共产品性主要是体现在非竞争性和非排他性，在农业的发展过程中，会产生许多非商品性质的产品，因此这部分产品的产权是不容易被轻易明确的。例如农业发展促进的空气清洁，但是空气清洁的所有受益人为大众百姓，因此这部分产权是无法明晰的，也无法进行受益对象的受益费征收。农业的外部性主要包括两方面，分别是经济的外部性和社会的外部性，对于经济外部性，主要是由于农业可以对整体经济运行产生缓冲的态势，促进产业结构进行进一步的平衡。社会的外部性与经济的外部性略有不同，它主要体现在维护社会稳定，对其他相关产业起

到一定的促进支撑作用等。

2.2.4 信息不对称理论

农业保险从根本上来讲属于金融行业中的保险业，金融行业中或多或少都存在一些信息不对称的现象。具体来讲，由于农业保险的复杂性、高风险性、高赔付率等众多因素，投保人在对农业生产标的投保时并不能做到信息完全有效，包括承保后投保人依然可能放松对投保标的的维护管理行为，因此保险公司在进行农业保险方面的业务会较其他险种来说风险更大。再加上农业保险的需求方大多都是普通农户，其本身对保险行业就知之甚少，这就导致农业保险双方都有信息不对称的情况发生。在我国的农业保险发展过程中，早期由于农户对其险种性质不是很了解，把其简单认为是收了钱而没办法赔付的商品，所以需求量一直很少。随着政府的介入，农业保险才有了一些改观，农户才逐渐参与进来。但由于赔付过程中仍然存在信息不对称的情况，所以一些投保的农户没有办法真正获得保险公司和政府的赔付。因此，本文在实证分析中以农业保险的保费收入为主要指标，而不是将农业保险的赔付作为参考。

2.3 农业保险对农业碳排放的作用机制分析

基于国内外现有研究，普遍认为农业保险影响农业碳排放是依靠中介效应来实现的，而中介作用路径大多以农业经营规模、农业技术进步、种植结构或种植专业化三条路径为主，即农业保险通过影响农业经营规模大小、农业技术水平、种植结构中低碳类作物比重来进一步影响碳排放总量。于是，本文在已有文献的基础上，对农业保险影响碳排放的路径进一步进行研究探索，找到有效的作用路径，并且确定农业保险在什么合适条件下才会发挥显著的减碳作用。

马九杰（2021）认为农业经营规模越大，风险就会越大，而风险越大就越需要风险保障工具。农业保险作为降低农户自身经营风险的一种工具，会促进农业经营者继续扩大生产规模。所以，农业保险的发展会推动农业规模化程度，而农业经营规模的扩大会减少农用化学品单位面积的投入、能提高农业机械工作效率、能减少灌溉耗电和土壤有机碳的流失，从而实现农业碳排放水平的降低。郑军（2023）通过构建农业保险、农业经营规模、农业绿色发展三者的柯布-道格拉

斯生产函数模型，发现农业保险能够通过风险保障作用激励农业规模经营，增加农业产出和农民收入，进而推动农业绿色发展。农业绿色发展水平的提高可以减少农业化肥面源污染，促进农业碳减排。

余宗昀（2022）从种植专业化水平和农业技术进步两条路径出发，研究农业固碳效果，即虽然生产要素的投入会产生农业碳排放，但农作物可以通过光合作用进行碳吸收转变为有机物。所谓固碳效果就是农作物吸收的基础上减去生产时的碳排放，也叫净碳汇。余宗昀指出，农业保险会增加农户种植专业化的倾向，这样一来农户就越会重视生产要素投入产出效率，这样就会减少化学品的滥用，进而减少碳排放。除此之外，农业保险也会促进农业技术进步，但农业技术包含生物技术、生产技术、机械技术等多个方面，而这些技术对净碳汇的影响各不相同。所以，余宗昀认为农业技术进步这条路径对整体碳净排放量的影响尚不明确，需要加入环境规制这一调节变量进一步考究。马九杰（2021）也认为农业技术包括高碳技术和低碳技术，在农业技术进步这一传导路径上符号尚不明确。谢政璇（2023）认为农业保险不仅可以扩大农业经营规模和促进农业技术进步，还会推动粮食种植比率的提高。由于农业保险政策是立足于粮食安全战略，所以保费补贴大多是用在区域内各种粮食作物的身上。粮食作物在种植过程中使用的农用化学品较少，机械使用效率和灌溉效率较高，因此产生的农业碳排放较其他作物相比更少。王晓润（2023）认为农业保险作为稳定生产、分散农业生产风险的重要工具之一，在农业技术推广与应用的过程中能够起到保驾护航的作用。并且他认为农村人力资本在农业保险-农业技术进步-农业碳排放这个传导机制中发挥了显著的调节作用，促进了中介变量的农业碳减排作用。

总而言之，农业保险对农业碳排放的作用路径大体归为三类。第一，农业保险通过扩大农业经营规模来影响农业碳排放；第二，农业保险通过影响农业种植结构来影响农业碳排放；第三，农业保险通过提高农业技术水平来影响农业碳排放。其中，在传导路径中是否需要加入环境规制、农村人力资本等调节变量，需要后续进一步的实证检验。传导路径图如下，

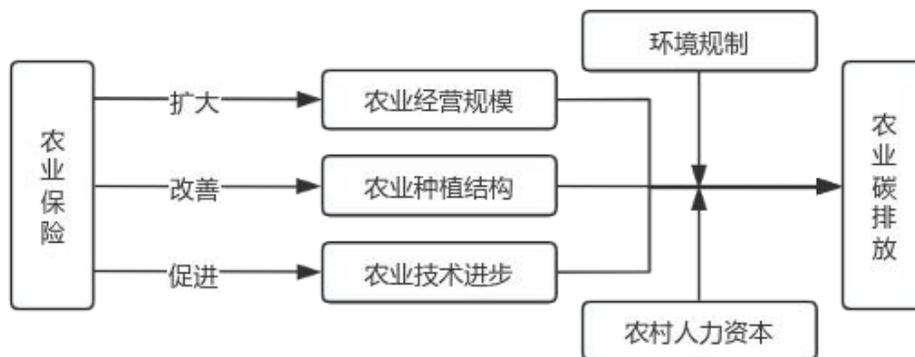


图 2.1 传导路径图

3 现状分析

3.1 中国农业碳排放现状分析

农业兼具碳源和碳汇的双重特性，与气候变化密切相关。农业碳排放已经成为我国温室气体排放仅次于能源行业的第二大来源。目前，我国农业以占全球 9% 的耕地，生产供应占全球 20% 的人口食物和纤维需求。所以，我们现在既面临着保障粮食安全的重大任务，又要依靠农业固碳减排作用来实现我国碳中和目标。因此，农业低碳发展不仅仅是实施乡村振兴战略的主要动力，也是确保碳达峰、碳中和目标实现的重要支撑。

早在 2006 年 IPCC《国家温室气体清单指南》中提到农业温室气体主要涉及农田、牲畜和粪便管理。其中，农田排放主要是农业生产中农作物和土地排放，牲畜和粪便带来的排放主要是肠道一系列活动引起的排放。到了 2010 年，印度学者提出了第三类农业碳排放路径，即农作物残留燃烧带来的排放。

田云（2017）在十八大提出着力推进绿色发展、循环发展与低碳发展后对中国农业碳排放进行了新的测算，在自己原有研究形成的化肥、薄膜、柴油、农药、翻耕、灌溉六大农业生产方面的基础上，新加入牛、马、驴、骡、骆驼、猪、羊、家禽等牲畜养殖活动过程中产生的碳排放，包括肠道发酵以及粪便管理活动中引

起的排放，并参考胡向东、闵继胜等人的研究文献和联合国政府间气候变化专门委员会给出了对应的碳排放系数。通过测算发现，在 2008 年前农业碳排放量处于一个波动上升的趋势，而 2008 年-2012 年处于一个缓慢上升的趋势，并且田云预测后期碳排放量仍会缓慢上升。在碳排放结构方面，农用物资投入越来越成为第一大碳排放源头，而牲畜养殖引起的碳排放占比逐渐下降。

杨雪（2022）利用 2003 年-2020 年的统计数据进一步对农业生产六大方面的碳排放量进行了测算，发现 2003 年-2015 年处于阶段性上升趋势，2015 年-2020 年处于阶段性下降趋势，农业碳排放总量从增速转变为降速，说明农业碳排放现状得到了很好的改善。并且通过异质性分析发现虽然 13 个粮食主产区是碳排放量最多的地区，但也正是推进农业碳减排的重点地区。同时发现农户为了追求高收入，过多依赖化肥的使用，使得化肥一直是农业生产中最大的碳源。所以我国推行低碳农业理念、制定并执行降低化肥施用量政策有助于推进中国农业碳减排的工作。

2020 年 9 月，我国在第七十五届联合国大会上向全世界承诺力争在 2030 年之前实现碳排放量达到峰值、在 2060 年之前实现碳中和，即“双碳”目标正式提出。次年政府工作报告中指出，虽然二三产业是温室气体排放的主要源头，但农业生产过程中的碳排放仍不可小觑。实现双碳目标的关键是减排增汇，减排是基础，而在农业碳减排中减少能源消耗是最有效的减排手段，当然控制水稻种植、畜禽养殖过程中的产生的碳排放也十分重要。田云（2022）基于大农业范畴，从原煤、柴油、电力等农业能源利用、化肥、农药、农膜等农用物资投入、水稻种植、畜禽养殖四个方面重新测度了中国农业碳排放量。从省际差异分析中发现，农业碳排放强度出现了“西高东低”的明显特征，农业生产经营方式相对落后、经济发展水平较低的地区农业碳排放强度偏高。并且不同地区的碳排放结构有较大差异，有些是水稻种植主导型，有些是物资投入、能源消耗主导型，有些是畜禽养殖主导型等。除此之外，田云在分析农业碳排放影响因素时发现，农业发展水平和环境规制水平的提升显著抑制了农业碳排放量的增加。

3.2 中国农业保险的发展现状

20 世纪 50 年代，农业保险业务最初由中国人保独家承办，主要负责主粮食

产区农作物、畜牧、农民财产等保险业务，但由于后续出现了经营混乱、强迫参保等现象，农业保险业务开始停业整顿。1958年底，中央政府宣布取消所有保险业务，农业保险的发展也就此终止。

1980年我国才开始恢复保险业务，1982年农业保险开始恢复试点，但由于农业保险风险大、经营成本高等业务特点，政府于1989年开始参与互助合作农业保险试点。至此，农业保险发展模式开始由单一的保险公司商业化经营转变为“政府推动、农户参与、保险公司经办”的一体化发展模式。之后，由于1992年国有企业改革中国人保不得不分业经营，农业保险一直被视为一般性商业财产保险，导致农业保险盈利空间越来越小，农业保险的发展空间逐渐被压缩。

直到2003年十六届三中全会提出要建立政策性农业保险制度，继而2007年中央财政开始实施对试点地区的保费补贴政策，农业保险才逐步迈向蓬勃发展阶段。2007年我国中央财政拿出10亿元资金对吉林、内蒙古、新疆、江苏、四川、湖南6个试点地区的农业保险进行补贴，主要用来补贴种植业农业产品，比如玉米、水稻、大豆、棉花、小麦等农作物。2008年政府扩大了保费补贴的试点区域，增加了农业保险的补贴品种，提高了中央财政的补贴比例。例如，新增了辽宁、河南、河北、浙江、广东等11个省份、新增了花生、油菜等油料作物和繁母猪、奶牛等养殖业补贴品种，并将种植业保费补贴比例由25%提高到了35%，将养殖业补贴比例提高到了30%。到了2010年政府继续扩大了补贴品种和地区，农业保险的覆盖范围几乎涵盖了全国各个省区。

虽然农业保险在发展初期取得了一些明显的成效，但是仍存在一些困难和问题。2019年财政部、农业农村部、银保监会、林草局四部门联合发布的《关于加快农业保险高质量发展的指导意见》中强调要扩大农业保险覆盖面，关键举措是提高小农户的农业保险参保率。但是，参保不足、小农户风险意识薄弱、农业经营模式分散、农村金融体系不完善等等问题是无法单纯通过提高保费补贴或增加保险产品品种解决。2020年我国脱贫攻坚工作取得全面胜利，农业保险作为稳定农业生产经营、保障农村经济持续发展、改善农村农民生活的重要工具，其保险深度和保险密度都有着显著提升，但仍存在覆盖面不够广泛、产品不够创新、保障水平不足等问题。到了2021年，农业保险保费收入由2007年的52.1亿元增长到965.2亿元，覆盖人群翻了三倍以上，保障范围涵盖了农林牧渔各个领域，

补贴原则逐渐以“中央保大宗，保成本，地方保产量，保特色”为原则。

随着“双碳”目标、2021年底国务院印发“十四五”节能减排工作方案、2022年5月银保监会印发保险业标准化“十四五”规划通知的提出，以及二十大报告中提到绿色化、低碳化发展是实现高质量发展的关键环节、2023年中央一号文件又提出了要推进农业绿色发展，人们越来越注重保险业服务碳达峰碳中和目标，尤其是农业保险在支持乡村振兴战略、发展低碳农业中发挥的作用，得到了众多学者的关注。郑军（2023）在研究农业保险推动你农业绿色发展时发现，农业保险发展水平的提高可以在增加农业产出的同时，促进农业碳减排，并且能有助于农户优化配置土地等农业资源，实现农业规模经营。宗海琴（2023）从农业碳排放视角出发，探究农业保险的环境保护效应时发现，农业保险密度和规模的提高都能有效促进农业碳排放的减少，并且削减作用主要表现在中西部地区和粮食主产主销区。于是，本文也将结合我国农业碳排放现状和农业保险的发展情况，进一步研究农业保险如何发挥农业碳减排作用。

4 变量选择与模型设定

4.1 样本选取与数据来源

基于数据的可靠性和可获得性，本文选取 2010 年-2021 年 30 个省市自治区（不包括西藏自治区和港澳台地区）的统计数据来考察农业保险对农业碳排放的影响效果，由于农业保险发展从 2007 年才开始起步，直到 2010 年才基本上实现了农业保险全国范围内的全覆盖。与此同时，2010 年-2021 年期间正好也是农业保险快速发展的阶段，因此本文选取这一时期作为研究对象，具有实际意义。本文数据主要来源于国家统计局、《中国统计年鉴》、《中国农村统计年鉴》、《中国保险年鉴》以及各地区统计年鉴等官方数据，共收集到三千多个数据样本，部分缺失数据用移动平均法或插值法进行了补齐，实证分析的软件采用 stata16。

4.2 变量选取与说明

4.2.1 被解释变量

本文选取狭义上的农业碳排放总量作为被解释变量。考虑到我国目前农业碳排放量中占比最大的部分仍是种植业生产过程中化肥、燃料消耗和翻耕引起的土壤碳流失，再加上农业保险对畜禽养殖过程中标的品种的作用方式较为模糊（即动物无法因为投保农业保险而改变自身习性来控制碳排放），所以本文仍采用传统观念上狭义农业，即种植业为研究对象。计算种植业碳排放总量时，本文借鉴李波（2011）给出的测算方法，从化肥、农药、农膜、农用机械、翻耕、灌溉过程中能源消耗六个方面测算农业碳排放总量，具体公式如下，

$$E = \sum E_i = \sum T_i * \delta_i \quad (4-1)$$

其中，E 表示农业碳排放总量， E_i 表示各碳源的排放量， T_i 表示各碳排放源的量， δ_i 表示各碳排放源的碳排放系数，具体的农业碳排放系数如下，

表 4.1 农业碳排放系数表

碳源	碳排放系数	参考来源
柴油	0.59kg/kg	IPCC2013
化肥	0.89kg/kg	美国橡树岭国家实验室
农药	4.93kg/kg	美国橡树岭国家实验室
农膜	5.18kg/kg	南京农业大学农业资源与生态环境研究所
灌溉	266.48kg/hm ²	段华平等
翻耕	312.60kg/km ²	李波等

4.2.2 核心解释变量

本文选取农业保险发展水平作为核心解释变量。农业保险发展水平用农业保险密度和农业保险覆盖广度两个指标衡量。其中，农业保险密度是用农业保险保费收入除以第一产业就业人数得到的；而农业保险覆盖广度就是各地区的农业保险保费收入与农作物播种面积之比计算得来的。

4.2.3 中介变量

本文借鉴马九杰（2021）、余宗昀（2022）等的研究，从农业经营规模、农业种植结构和农业技术进步三个方面来考察农业保险影响农业碳排放的中介传导路径。其中，农业经营规模是由农作物播种面积除以农林牧渔从业人员数得到的，即人均农作物播种面积；农业种植结构考虑了粮食作物较其他经济作物相比具有“低碳”的性质，于是用粮食作物播种面积与农作物播种总面积之比来表示；农业技术进步则是参考了 Fare（1994）、尹朝静（2016）、黄大湖（2022）等的研究，通过 DEA-Malmquist 方法测算和分解农业全要素生产率得到技术效率变化指数和技术进步指数，并用技术进步指数来表示农业技术进步。其中，在用 DEA-Malmquist 指数法计算技术进步指数时，将化肥施用量、农用机械总动力、第一产业就业人数、农作物播种面积、有效灌溉面积作为投入变量，农林牧渔总产值设置为产出变量。

4.2.4 调节变量和控制变量

本文借鉴余宗昀（2022）、王晓润（2023）等的研究，将农村人力资本作为调节变量，通过控制调节变量的有无以及检验控制变量与核心解释变量的交互项的系数显著性来观察其对整个模型的影响效果。农村人力资本采用教育年限法计算而得，体现了6岁以上人口的受教育水平。控制变量还包括环境规制、政府支农力度、产业结构和人均农业机械动力。环境规制采用各地区节能环保支出与一般财政支出之比来表示，政府支农力度用农林水务支出与财政支出之比表示，产业结构用农业总产值除以地区生产总值表示，人均农用机械动力用农用机械总动力与乡村人口之比表示。

表 4.2 变量说明

变量类型	变量名称	变量描述	变量代码
被解释变量	农业碳排放总量	各地区的农业碳排放总量，取对数	lnemission
解释变量	农业保险密度	农业保险保费收入/第一产业就业人数	bxmd
	农业保险覆盖广度	农业保险保费收入/农作物播种面积	bxfggd
中介变量	农业经营规模	农作物播种面积/农林牧渔从业人员	nygm
	农业种植结构	粮食作物播种面积/农作物播种面积	nyjg
	农业技术进步	DEA-Malmquist 指数法测算得出	nyjsjb
调节变量	农村人力资本	教育年限法计算得出	rlzb
控制变量	环境规制	节能环保支出/一般财政支出	hjpgz
	政府支农力度	农林水务支出/一般财政支出	znld
	产业结构	农业总产值/各地区生产总值	cyjg
	人均农用机械动力	农用机械总动力/乡村人口	rjxxdl

4.3 模型构建

基于本文数据是省际面板数据，考虑到避免各个省份的不同个体效应以及不同年份对实证结果的干扰，并参考 Hausman 检验结果，故建立双向固定效应模型进行实证分析。借助温忠麟（2004）等的研究，本文构建包含调节变量的中介效应模型，采用逐步回归法探究农业保险在有无调节变量的条件下对农业碳排放的影响效果，模型构建如下，

$$\lnemission_{it} = \alpha_1 + \beta_1 X_{it} + \gamma_1 W_{it} + \theta_1 Z_{it} + \mu_i + \varphi_t + \varepsilon_{it} \quad (4-2)$$

$$\ln\text{emission}_{it} = \alpha_2 + \beta_2 X_{it} + \gamma_2 W_{it} + \lambda X_{it} \times W_{it} + \theta_2 Z_{it} + \mu_i + \varphi_t + \varepsilon_{it} \quad (4-3)$$

$$M_{it} = \alpha_3 + \beta_3 X_{it} + \gamma_3 W_{it} + \theta_3 Z_{it} + \mu_i + \varphi_t + \varepsilon_{it} \quad (4-4)$$

$$\ln\text{emission}_{it} = \alpha_4 + \beta_4 X_{it} + \beta_1' M_{it} + \gamma_4 W_{it} + \theta_4 Z_{it} + \mu_i + \varphi_t + \varepsilon_{it} \quad (4-5)$$

在(4-2)~(4-5)式中, $\ln\text{emission}_{it}$ 为被解释变量, 即农业碳排放总量, X_{it} 为核心解释变量, 包括农业保险密度和农业保险覆盖广度, W_{it} 为调节变量, 即农村人力资本, Z_{it} 为控制变量, 包括环境规制、政府支农力度、产业结构和人均农用机械动力, M_{it} 为中介变量, 包括农业经营规模、农业种植结构和农业技术进步。

5 实证分析

5.1 描述性分析

在进行双向固定效应面板模型回归分析之前,本文先对每个变量进行了描述性统计。从表 5-1 中可以看出, *emission* 的均值为 337.808, 并且最大最小值相差很大, 说明不同地区的农业碳排放量存在较大差异。从农业保险密度和农业保险规模数据上看, 农业保险在 2010-2021 年经历了较大发展, 且在不同地区间可能存在发展不均衡情况。农村人力资本从表中可以猜测出农民教育水平得到了稳步提高; 从环境规制和政府支农力度上看, 对农业方面的投入占比较小。

表 5-1 描述性统计

变量	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
<i>emission</i>	360	337.808	230.042	14.354	995.753
<i>bxmd</i>	360	3.693	5.522	0.0076	48.331
<i>bxfggd</i>	360	0.535	1.144	0.00189	11.077
<i>nygm</i>	360	6.927	3.815	1.578	22.835
<i>nyjg</i>	360	0.653	0.158	0.355	1.162
<i>nyjsjb</i>	360	1.107	0.0613	0.82	1.377
<i>rlzb</i>	360	7.816	0.616	5.878	9.911
<i>hjgz</i>	360	0.0298	0.0095	0.0118	0.068
<i>znld</i>	360	0.114	0.033	0.041	0.204
<i>cyjg</i>	360	0.094	0.056	0.0029	0.297
<i>rjxdl</i>	360	1.766	0.969	0.349	6.448

5.2 基准回归分析

对基础模型进行回归分析之前,我们将农业碳排放量 (*emission*)、农业保险发展规模 (*bxgm*) 进行取对数处理, 得到 *lnemission* 和 *lnbxgm*, 并且为了简便, 实证过程中用 *lny* 代替 *lnemission*。然后, 我们对模型 (4-2) 进行基准回归, 模型和回归结果如下,

$$\lnemission_{it} = \alpha_1 + \beta_1 X_{it} + \gamma_1 W_{it} + \theta_1 Z_{it} + \mu_i + \varphi_t + \varepsilon_{it} \quad (4-2)$$

表 5-2 基准回归

变量	(1) lny	(2) lny	(3) lny	(4) lny
bxmd	-0.0163*** (-13.82)		-0.0161*** (-14.29)	
bxfggd		-0.0785*** (-13.84)		-0.0779*** (-14.06)
hjjgz	-4.238*** (-7.04)	-3.494*** (-5.90)	-4.214*** (-7.32)	-3.483*** (-6.03)
znld	1.287*** (4.06)	1.193*** (3.83)	1.266*** (4.18)	1.180*** (3.88)
cyjg	-0.226 (-0.76)	-0.0272 (-0.09)	-0.323 (-1.13)	-0.101 (-0.35)
rjjxdl	0.0660*** (6.81)	0.0397*** (4.13)	0.0649*** (7.00)	0.0392*** (4.17)
_cons	5.985*** (29.12)	6.166*** (29.26)	6.014*** (38.49)	6.187*** (40.68)
N	360	360	360	360
	随机效应模型	随机效应模型	固定效应模型	固定效应模型

注：* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$, 括号中为 t 值

从回归结果来看，无论是采用随机效应模型还是固定效应模型，农业保险都能对农业碳排放量起到明显的负向显著作用，且在 0.1% 的水平上显著。从回归结果（3）列和（4）列看，农业保险密度和覆盖广度每提高 1%，农业碳排放就会分别减少 0.0161% 和 0.0779%。从控制变量上看，只有环境规制能显著减少农业碳排放量，而产业结构对农业碳排放似乎没有什么影响或者说影响效果不显著；政府支农力度和人均农用机械动力都会在 0.1% 的显著水平上促进农业碳排放的增加。

5.3 调节效应分析

进行基准回归分析后，为了研究农村人力资本是否真的具有调节效应，本文将农业保险密度、农业保险覆盖广度与农村人力资本的交乘项加入到模型中，建立模型（4-3），并通过有无调节变量、含有调节变量与核心解释变量的交乘项的模型进行回归，试图检验其调节效应是否存在。为了简便，本文将农业保险

密度与农村人力资本的交乘项命名为 w1，将农业保险覆盖广度与农村人力资本的交乘项命名为 w2，回归结果如下，

表 5-3 调节效应分析

变量	(1) lny	(2) lny	(3) lny	(4) lny
bxmd	-0.0111*** (-6.96)	-0.00946*** (-5.81)	-0.0314*** (-3.62)	-0.00807*** (-4.91)
bxfggd	-0.0453*** (-5.59)	-0.0432*** (-5.42)	-0.0525*** (-6.05)	-0.291*** (-4.26)
rlzb		-0.0694*** (-3.69)	-0.0711*** (-3.81)	-0.0651*** (-3.52)
w1			0.00254* (2.57)	
w2				0.0248*** (3.65)
hjpgz	-4.173*** (-7.45)	-3.887*** (-7.00)	-3.896*** (-7.08)	-3.852*** (-7.07)
znld	1.335*** (4.50)	1.306*** (4.49)	1.446*** (4.93)	1.487*** (5.13)
cyjg	-0.0932 (-0.34)	-0.256 (-0.93)	-0.406 (-1.46)	-0.455 (-1.66)
rjxdl	0.0433*** (4.77)	0.0520*** (5.65)	0.0576*** (6.14)	0.0563*** (6.18)
_cons	5.429*** (121.33)	5.959*** (39.69)	5.970*** (40.09)	5.929*** (40.18)
N	360	360	360	360

注：* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001, 括号中为 t 值

从表 5-3 调节效应回归结果中调节变量 rlzb 的系数上看，农村人力资本会缓解农业碳排放，且具有显著影响效果，这说明政府加大环境保护支出力度对碳减排具有积极的贡献以及农村教育水平的提高会产生环境保护的外部性效应。对比式（1）和式（3），在加入了农村人力资本以及农村人力资本与农业保险密度交乘项后，农业保险密度的系数从原来的-0.0111 变为了-0.0314，这说明在加入调节效应以后农业保险密度对农业碳排放的减排效果增大。同理，对比式（2）和式（4），农业保险覆盖广度的系数也由原来的-0.0432 变为了-0.291，减排效果同样增大。并且，农村人力资本在式（2）式（3）式（4）中系数在 0.1%显著水平上为负，更说明了农村人力资本对农业碳排放有负向作用，其发挥的减排效应不容忽视。

5.4 异质性分析

在进行中介效应检验之前，我们先对模型（4-2）进行异质性分析，在保持原有模型不变的基础上，将全国 30 个省市自治区（不包括西藏自治区和港澳台地区）的面板数据划分为东部、中部、西部、东北四个地区。根据国家统计局 2021 年给出的经济地带划分标准，北京、天津、上海、江苏等十个省市划为东部地区，湖北、湖南等六个省份划为中部地区，内蒙古、重庆、云贵川等十二个省市自治区划为西部地区，黑吉辽三省划为东北地区。在本文研究中，由于西藏自治区数据缺失严重，故将西藏从西部地区剔除。

表 5-4 异质性回归

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	lny	lny	lny	lny	lny	lny	lny	lny
bxmd	-0.0173*** (-11.93)		-0.0209*** (-4.20)		-0.00857** (-2.65)		-0.0112* (-2.50)	
bxfggd		-0.0689*** (-9.97)		-0.237** (-3.19)		-0.119*** (-3.72)		-0.113 (-1.95)
rlzb	-0.0570 (-1.81)	-0.121*** (-3.79)	-0.00838 (-0.19)	-0.0119 (-0.24)	-0.0976** (-3.06)	-0.0721* (-2.23)	-0.220*** (-3.97)	-0.191** (-3.09)
hjjz	-3.834*** (-4.26)	-2.443* (-2.52)	-2.276* (-2.24)	-2.424* (-2.26)	-2.986* (-2.30)	-3.351** (-2.63)	-3.046 (-1.70)	-2.750 (-1.45)
znld	0.609 (0.75)	1.342 (1.48)	1.655* (2.45)	1.846* (2.62)	0.125 (0.28)	0.337 (0.77)	0.738 (1.25)	0.493 (0.82)
cyjg	2.271* (2.27)	2.877** (2.63)	-0.825 (-1.45)	-1.052 (-1.71)	-2.124** (-3.22)	-2.111** (-3.36)	0.780* (2.18)	0.645 (1.78)
rjxxdl	0.116*** (3.51)	0.126*** (3.48)	-0.0147 (-0.78)	-0.0205 (-1.04)	0.0963*** (3.99)	0.0842*** (3.84)	0.0492** (3.49)	0.0372* (2.70)
_cons	5.462*** (20.00)	5.809*** (19.99)	6.117*** (17.23)	6.171*** (15.86)	6.225*** (24.60)	6.054*** (23.81)	7.474*** (16.73)	7.313*** (15.07)
N	120	120	72	72	132	132	36	36
	东部地区	东部地区	中部地区	中部地区	西部地区	西部地区	东北	东北

注：* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$, 括号中为 t 值

从异质性回归整体结果来看，农业保险的发展在东部、中部、西部都会对农业碳排放造成显著的抑制作用，但在东北地区抑制效果相对较弱。从东部地区的回归结果来看，农业保险密度每增加 1%，农业碳排放减少 0.0173%；农业保险覆盖广度每扩大 1%，农业碳排放减少 0.0689%；环境规制的投入对农业碳减排起到了较大的作用，说明在东部较为发达地区，仍需继续投入节能环保支出来减

少碳排放。从中部地区的回归结果来看，农业保险密度和覆盖广度每增加 1%，农业碳排放就会分别减少 0.0209%和 0.237%，从系数上与东部地区对比可以发现，农业保险的碳减排效果在中部地区更好；环境规制的作用仍然不可小觑。从西部地区的回归结果来看，农业保险仍然可以发挥显著的农业碳减排作用；并且人力资本和环境规制同时在西部地区发挥了负向显著作用；产业结构的系数也为负且显著，说明在西部地区第一产业产值占比的增加可以有助于农业碳排放减少，西部地区更要重视第一产业的发展。从东北地区的回归结果来看，农业保险密度的减排效应在 5%水平上显著，而农业保险覆盖广度没有发挥显著作用；农村人力资本对农业碳排放的减少具有显著作用，每提高 1%的教育水平就会减少 0.2%左右的碳排放，说明在东北地区提高农民的教育水平会在某种程度上有助于碳排放的减少。

5.5 中介效应分析

在进行对模型（4-5）中介效应检验之前，我们先对模型（4-4）进行回归分析，看看农业保险是否对农业经营规模、农业种植结构、农业技术进步三条路径有显著影响作用。模型（4-4）和回归结果如下，

$$M_{it} = \alpha_2 + \beta_2 X_{it} + \gamma_2 W_{it} + \theta_2 Z_{it} + \mu_i + \varphi_t + \varepsilon_{it} \quad (4-4)$$

表 5-5 传导机制检验

变量	(1) nygm	(2) nygm	(3) nyjg	(4) nyjg	(5) nyjsjb	(6) nyjsjb
bxmd	-0.0594*** (-4.77)		-0.00265*** (-4.14)		0.00158* (1.97)	
bxfggd		-0.404*** (-7.68)		-0.0205*** (-7.66)		-0.00142 (-0.40)
rlzb	-0.314 (-1.44)	-0.220 (-1.06)	-0.0151 (-1.35)	-0.00944 (-0.89)	-0.00289 (-0.21)	0.00172 (0.12)
hjjz	-17.26** (-2.87)	-15.55** (-2.72)	0.179 (0.58)	0.256 (0.88)	0.110 (0.28)	0.0709 (0.18)
其他控制变量	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
_cons	7.337*** (4.28)	6.627*** (4.06)	0.896*** (10.18)	0.852*** (10.26)	1.112*** (10.12)	1.072*** (9.69)
省份	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
年份	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
N	360	360	360	360	360	360

注：* $p < 0.05$ ，** $p < 0.01$ ，*** $p < 0.001$ ，括号中为 t 值

从模型（4-3）的回归结果来看，第一、农业保险的发展水平并不能像先前预想的那样扩大农业经营规模。从基础的数据上看，农业保险密度和覆盖广度是随着年份的增加而增加，在全国 30 个省份自治区整体处于上升态势，说明农业保险的发展得到了一定程度的提高。而农业规模（即人均农作物播种面积，农作物播种面积/农林牧渔从业人员数）在全国范围内却大部分处于下降趋势，农作物播种面积在大部分地区都呈现逐年减少的现象，说明我国既要重视农业保险的发展，也要重视耕地面积流失严重这一问题。保护好耕地才能保障国家粮食安全。

第二、农业保险的投入会改善农业种植结构的变化。本文农业种植结构采用粮食作物播种面积与农作物播种总面积之比，并未考虑其他经济作物等占比情况。通过回归结果来看，农业保险保费和覆盖面的提高会促使农户减少粮食作物的播种占比情况，这就意味着农民在有了农业保险作为保障的前提情况下，更多选择了其他作物的种植，比如一些风险较高的经济作物等，会给农民带来比粮食作物更高的收益。

第三、农业保险密度会在 5% 显著水平上促进农业技术进步，而农业保险覆盖广度对农业技术进步的影响效果不显著。这说明农业保险的发展会在一定程度上有助于农业技术水平的进步，但二者关联并不紧密。

总之，农业保险的三条作用路径均通过了第一步中介传导机制的检验，证明了农业保险对农业经营规模、农业种植结构、农业技术进步有一定程度的影响。接下来，本文将研究农业保险是否可以通过这三条路径来影响农业碳排放水平。模型（4-5）如下以及对模型（4-5）的回归结果如下表 5-5，

$$\ln\text{emission}_{it} = \alpha_3 + \beta_3 X_{it} + \beta_1' M_{it} + \gamma_3 W_{it} + \theta_3 Z_{it} + \mu_i + \varphi_t + \varepsilon_{it} \quad (4-5)$$

从表 5-6 中介效应检验 1 中可以看出，在加入中介变量后，农业保险密度和农业保险覆盖广度的系数仍然显著为负，并且通过与基准回归结果对比发现，农业保险密度的系数变化不大，但农业保险覆盖广度系数的绝对值比之前明显变大，这说明在加入中介变量后，农业保险对农业碳排放的减排效应有明显提升。

结合表 5-5 传导机制检验和表 5-6 中介效应检验 1 来看，首先，农业保险会减少农业经营规模，而农业经营规模每增加 1%，农业碳排放就会增加 0.0143%，这就意味着农业保险的出现会使得更多小农户参与到农业经营中来，拉低了人均农作物播种面积，即农业经营规模变小。但是农业经营规模的扩大并不能起到碳排放减少的预期效果，说明从全国整体来看，我们在扩大生产的过程中仍然会增加农业碳排放。结合库兹涅茨曲线环境理论，本文认为我国农业生产还没有达到峰值，并不能实现随着规模扩大、能源消耗效率提高进而碳排放减少的效果，说明我国农业生产仍存在着高投入高消耗高产出的发展模式，证明了我国目前农业低碳转型还要继续、农业绿色发展刻不容缓。

表 5-6 中介效应检验 1

变量	(1) lny	(2) lny	(3) lny	(4) lny	(5) lny	(6) lny
bxmd	-0.0154*** (-13.28)		-0.0164*** (-14.31)		-0.0161*** (-14.41)	
bxfggd		-0.0768*** (-12.72)		-0.0861*** (-14.90)		-0.0793*** (-14.53)
nygm	0.0143* (2.43)	0.00277 (0.44)				
nyjg			-0.152 (-1.35)	-0.471*** (-4.05)		
nyjsjb					-0.157* (-2.53)	-0.219*** (-3.54)
rlzb	-0.0741*** (-3.81)	-0.0992*** (-5.22)	-0.0763*** (-3.90)	-0.0936*** (-5.03)	-0.0836*** (-4.27)	-0.107*** (-5.71)
hjjz	-3.988*** (-6.89)	-3.447*** (-5.90)	-4.180*** (-7.26)	-3.328*** (-5.88)	-3.994*** (-6.92)	-3.172*** (-5.52)
znld	1.199*** (3.97)	1.165*** (3.80)	1.173*** (3.77)	0.912** (2.99)	1.394*** (4.57)	1.368*** (4.50)
cyjg	-0.369 (-1.30)	-0.111 (-0.39)	-0.390 (-1.35)	-0.306 (-1.08)	-0.264 (-0.93)	-0.0207 (-0.07)
rjjxdl	0.0502*** (4.56)	0.0366** (3.32)	0.0635*** (6.81)	0.0325*** (3.49)	0.0635*** (6.88)	0.0368*** (3.98)
_cons	5.924*** (37.17)	6.172*** (39.61)	6.131*** (34.38)	6.511*** (38.56)	6.218*** (35.60)	6.457*** (38.48)
N	360	360	360	360	360	360

注：* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001, 括号中为 t 值

其次，农业保险的发展确实会改善农业种植结构，而农业种植结构中粮食作物占比的增加会减少农业碳排放。从农业保险覆盖广度出发，粮食作物占比每增加 1%，农业碳排放就会减少 0.471%。这说明农业保险的重点仍要放在保障粮食安全、扩大粮食作物保险覆盖面上。

再有，农业保险确实可以通过促进农业技术进步来实现农业碳减排。从系数上看，农业技术进步的影响效果仅次于农业种植结构对碳排放的影响，并且在两次核心解释变量不同的情况下回归均显著。这说明农业技术进步与农业碳排放的联系密切，农业保险更要牢牢抓紧农业技术进步这条传导路径，通过产品创新、保险标的多样化等发展形式提高农业技术进步。提高生产技术水平，提高能源使用效率才是实现低碳农业的关键举措。

最后,从调节变量和控制变量的系数和显著性上看,农村人力资本和环境规制是有效减少农业碳排放的重要变量,这说明提高农村居民教育水平和加大节能环保支出占比势在必行。

除了像表 5-6 中介效应检验 1 中将变量分开回归以外,本文继续将三个中介变量放到一起进行回归,结果如下,

表 5-7 中介效应检验 2

变量	(1) lny	(2) lny	(3) lny
bxmd	-0.0156*** (-13.41)		-0.00831*** (-5.18)
bxfggd		-0.0880*** (-14.05)	-0.0549*** (-6.25)
nygm	0.0147* (2.52)	-0.000629 (-0.10)	0.00196 (0.33)
nyjg	-0.141 (-1.28)	-0.483*** (-4.17)	-0.397*** (-3.53)
nyjsjb	-0.163** (-2.65)	-0.225*** (-3.72)	-0.200*** (-3.44)
rlzb	-0.0810*** (-4.17)	-0.102*** (-5.52)	-0.0753*** (-4.09)
hjjz	-3.722*** (-6.41)	-3.014*** (-5.31)	-3.397*** (-6.16)
znld	1.243*** (4.00)	1.101*** (3.62)	1.226*** (4.17)
cyjg	-0.371 (-1.30)	-0.226 (-0.81)	-0.344 (-1.27)
rjxdl	0.0469*** (4.28)	0.0305** (2.87)	0.0409*** (3.92)
_cons	6.242*** (31.86)	6.800*** (36.26)	6.497*** (34.25)
N	360	360	360

注: * p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001, 括号中为 t 值

从表 5-7 中介效应检验 2 中可以看出,农业保险密度和农业保险覆盖广度的系数始终显著为负。从式(3)的回归系数来看,当所有变量放进一个方程式中回归时,农业保险覆盖广度的系数绝对值远大于农业保险密度的系数绝对值。并且,三条作用路径中只有农业种植结构和农业技术进步这两个中介变量的系数显著为负,二者每增加 1%农业碳排放就会分别减少 0.397%和 0.2%,这与农业保

险密度和覆盖广度两个变量的系数相比明显大了数倍。这说明农业保险影响农业碳减排的直接效应不如通过中介变量来影响农业碳减排的效果强烈,进一步证明了中介效应的存在。再看调节变量和控制变量,农村人力资本和环境规制仍然是减少农业碳排放的两个重要变量,而政府支农力度和人均农用机械动力的增加则会带来农业碳排放的增加。

6 研究结论与建议

6.1 研究结论

农业保险一直被认为是稳定农业生产、保护农民收入的有效工具之一，在服务脱贫攻坚、促进乡村振兴、保障粮食安全上发挥了重要的作用。自从我国开始重视碳排放并提出“碳达峰”、“碳中和”目标后，农业保险被赋予了新的功能作用，即环境保护效应。通俗来说，就是农业碳减排效应。于是，越来越多的学者开始对农业保险的这一作用进行研究。其实，国内外很多学者一直在研究农业保险发展对气候环境的影响。本文基于现有国内外研究成果，选取了30个省市自治区（不包括西藏自治区和港澳台地区）2010年-2021年的农业保险和农业碳排放相关数据，以农业碳排放量、农业保险发展、农业绿色发展、农业技术进步等相关文献作为参考，通过建立多个模型并进行实证检验，找到了农业保险影响农业碳排放的作用路径以及其他变量对农业碳排放的影响效果。具体研究结论如下，

第一、从整体基准回归结果来看，农业保险确实具有环境保护效应。农业保险发展水平的提高可以显著减少农业种植方面的碳排放量，农业保险密度和农业保险覆盖广度每增加1%，农业碳排放就会分别减少0.0161%和0.0779%。换算到具体单位，相当于减少了数十千克甚至数百千克的碳排放量。

第二、从调节效应分析可以发现，农村人力资本具有显著调节作用，农村人力资本的存在可以放大农业保险的碳减排作用，并且农村人力资本本身也会有效减少农业碳排放量。这说明提高农户的教育水平可以更好地让农户从事低碳农业生产，减少农业碳排放。

第三、从异质性回归结果来看，农业保险在中部地区碳减排作用效果最大，东部地区和西部地区次之，而在东北地区显著性较差。农村人力资本对农业碳减排的影响在东北地区最为显著，西部地区和东部地区次之，而在中部地区不显著。环境规制变量在东部地区和西部地区表现显著，中部地区次之，而在东北地区减排效应不显著。

第四、从中介效应模型的回归结果来看，首先，农业保险发展对农业经营规模的影响效果显著为负，即农业保险密度和覆盖广度的提高会减少人均农作物播

种面积。这并不意味着农业保险会抑制农业生产，反而说明农业保险的发展会增加更多小农户参与到农业生产中来，而小农户的增多会拉低人均农作物播种面积，并且带来更多的农业碳排放。其次，农业保险确实会影响农业种植结构。从传导机制检验结果来看，农业保险的发展会减少粮食作物占农作物播种面积的比重，即农业保险会增加农业种植结构多样化。但是，粮食作物占比的提高有利于减少农业碳排放，即农业种植结构变量每提高 1% 农业碳排放量就会减少 0.4% 个单位。最后，农业保险会适当影响农业技术进步。从检验结果来看，农业保险与农业技术进步的关联关系存在但不密切，而农业技术进步对农业碳排放的影响却十分显著，甚至超过了农业保险本身对农业碳排放的影响效果，这就说明中介效应存在。

总之，无论直接效应还是间接效应，农业保险的发展确实会减少农业碳排放总量。至于如何利用好农业保险这一环境保护效应、如何建立好农业保险的中介传导路径以及通过何种方式、加大哪项支出力度来助力“双碳”目标的实现，本文给出以下几点建议。

6.2 建议

结合国内外现有研究和我国农业保险的发展情况，基于本文的实证分析结果，给出以下几点建议：

第一、坚持贯彻实施农业保险的相关政策，逐步扩大农业保险的覆盖品种及覆盖范围。对于不同地区的农业生产情况，农业保险政策不能一概而论，要因地制宜地调整农业保险的补贴方向及补贴力度。政策性农业保险现已成为我国粮食安全生产过程中必不可少的一个关键举措，农业生产经营者参与投保农业保险的行为离不开政府对个人及保险公司的财政支持。要切实把握好政府在农业保险保费补贴上的资金流向，使农业保险真正实现“高覆盖、高保障”。政府大力推动农业保险的发展，一是可以保障农民的生产生活，二是可以发挥农业保险的碳减排效应，进而为环境改善、实现双碳目标贡献微薄力量。

第二、要切实提高农村人力资本水平，加强对农村、农民等与农业生产相关的人员的教育培养。从调节效应的研究结果来看，农村居民受教育水平在农业保险影响农业碳排放的过程中起到了显著的抑制作用。因此，我们要从农业生产的多个方面来提高农民的知识水平。例如，要增强农民的环境保护意识、绿色发展

意识、可持续发展意识等，使农民在生产过程中尽可能避免采用高污染、高消耗的生产方式，而是更多采用绿色低碳的生产方式。再有，要培训农民对农用机械、先进技术的使用采用情况，尽可能实现高效率地进行农业生产，避免机器等设备的重复使用、滥用情况，使机械化设备生产变得合理化、规模化。农业生产主体的个人素质提高可以从主观能动性上减少一些碳排放现象，从而实现农业绿色转型发展。

第三、要因地制宜发展农业保险。从研究结论来看，农业保险在东部、中部、西部不同地区的影响程度并不相同，其他变量也表现出不同的显著程度。这说明我们在发展农业保险的同时要考虑不同地区的特殊情况，考虑粮食主产区及非粮食主产区生产品种、生产方式等方面的不同。对于某些地区的特色农作物，例如甘肃地区的中草药作物、闽南地区茶叶等经济作物、东三省的水稻小麦高粱等粮食作物等，我们要制定不同生产标的农业保险产品，以便发展当地特色农业。

第四、加强农业保险政策与环境保护政策的配合程度，引导政府支农力度向节能环保方向靠近。由于环境规制在影响农业碳排放中呈现出明显的减排作用，因此地方政府在发布提高农业保险发展水平政策的同时，应加强农业环境保护政策的执行力度，避免农户投入过量农业生产要素，加剧农业碳排放。还有，考虑到政府支农力度会促进农业碳排放量的增加，而节能环保支出占比的提高会抑制农业碳排放，所以政府在进行财政支农上要注意资金的流向，加大节能环保方面的支出占比。

第五、要加大对农业生产方面高新技术的资金投入力度，鼓励高科技公司研发农业高新技术，发展新质生产力。农业技术进步作为有效减少农业碳排放的一个中介变量，要想真正实现碳减排作用，离不开高新技术的创新及应用。同时，农业保险要想通过农业技术进步来发挥碳减排作用，同样需要创新推广绿色农业保险产品。只有掌握绿色农业发展的关键核心技术，才能真正从量变引起质变，彻底实现农业绿色转型，才能做到农业碳排放量的减少。

总之，要想真正发挥好农业碳减排作用，需要中央政府、地方政府、保险公司、农户、农业技术提供者等多方努力，多管齐下才能助力我国双碳目标的实现。

参考文献

- [1] Baron R M, Kenny D A. The moderator - mediator variable distinction in social psychological research: Conceptual, strategic, and statistical considerations[J]. Journal of personality and social psychology, 1986, 51(6): 1173.
- [2] Liu E M, Huang J K. Risk preferences and pesticide use by cotton farmers in China[J]. Journal of Development Economics, 2013, 103: 202-215.
- [3] Ismael M, Srouji F, Boutabba M A. Agricultural technologies and carbon emissions: evidence from Jordanian economy[J]. Environmental Science and Pollution Research, 2018, 25: 10867-10877.
- [4] Hazell P, Varangis P. Best practices for subsidizing agricultural insurance[J]. Global Food Security, 2020, 25: 100326.
- [5] Madden S M, Ryan A, Walsh P. Exploratory study on modelling agricultural carbon emissions in Ireland[J]. Agriculture, 2021, 12(1): 34.
- [6] Liu X, Ye Y, Ge D, et al. Study on the Evolution and Trends of Agricultural Carbon Emission Intensity and Agricultural Economic Development Levels — Evidence from Jiangxi Province[J]. Sustainability, 2022, 14(21): 14265.
- [7] 温忠麟,张雷,侯杰泰,刘红云.中介效应检验程序及其应用[J].心理学报,2004(05): 614-620.
- [8] 李波,张俊飏,李海鹏.中国农业碳排放时空特征及影响因素分解[J].中国人口·资源与环境,2011,21(08):80-86.
- [9] 谭秋成.中国农业温室气体排放:现状及挑战[J].中国人口·资源与环境,2011,21(10):69-75.
- [10] 王宝义,张卫国.中国农业生态效率的省际差异和影响因素——基于 1996~2015 年 31 个省份的面板数据分析[J].中国农村经济,2018(01):46-62.
- [11] 蔡键.风险偏好、外部信息失效与农药暴露行为[J].中国人口·资源与环境,2014,24(09):135-140.
- [12] 田云,张俊飏,何可,丰军辉.农户农业低碳生产行为及其影响因素分析——以化肥施用和农药使用为例[J].中国农村观察,2015(04):61-70.
- [13] 钟甫宁,宁满秀,邢鹏,苗齐.农业保险与农用化学品施用关系研究——对新疆

- 玛纳斯河流域农户的经验分析[J].经济学(季刊),2007(01):291-308.
- [14]张伟,郭颂平,罗向明.政策性农业保险环境效应研究评述[J].保险研究,2012(12):52-60.
- [15]罗向明,张伟,谭莹.政策性农业保险的环境效应与绿色补贴模式[J].农村经济,2016(11):13-21.
- [16]蒋琳莉,张露,张俊飏,王红.稻农低碳生产行为的影响机理研究——基于湖北省 102 户稻农的深度访谈[J].中国农村观察,2018(04):86-101.
- [17]田云.认知程度、未来预期与农户农业低碳生产意愿——基于武汉市农户的调查数据[J].华中农业大学学报(社会科学版),2019(01).
- [18]宁满秀.农业保险制度的环境经济效应——一个基于农户生产行为的分析框架[J].农业技术经济,2007(03):28-32.
- [19]沈雪,张露,张俊飏,骆兰翎.稻农低碳生产行为影响因素与引导策略——基于人际行为改进理论的多组比较分析[J].长江流域资源与环境,2018,27(09):2042-2052.
- [20]叶前林,何伦志.美国推进农业现代化发展的做法及启示[J].经济纵横,2014(04):105-108.
- [21]虞国柱,张峭.论我国农业保险的政策目标[J].保险研究,2018(07):7-15.
- [22]赵长保,李伟毅.美国农业保险政策新动向及其启示[J].农业经济问题,2014,35(06):103-109.
- [23]张伟,易沛,徐静,黄颖.政策性农业保险对粮食产出的激励效应[J].保险研究,2019(01):32-44.
- [24]罗斯炫,何可,张俊飏.增产加剧污染? ——基于粮食主产区政策的经验研究[J].中国农村经济,2020(01):108-131.
- [25]陈俊聪,王怀明,张瑾.农业保险发展与中国农业全要素生产率增长研究[J].农村经济,2016(03):83-88.
- [26]杨钧.农业技术进步对农业碳排放的影响——中国省级数据的检验[J].软科学,2013,27(10):116-120.
- [27]崔宁波,巴雪真,刘家富.粮食主产区农业面源污染与农业经济增长 EKC 检验[J].统计与决策,2023,39(04):79-83.

- [28]张永强,田媛,王珧,王荣,彭有幸.农村人力资本、农业技术进步与农业碳排放[J].科技管理研究,2019,39(14):266-274.
- [29]范东寿.农业技术进步、农业结构合理化与农业碳排放强度[J].统计与决策,2022,38(20):154-158.
- [30]王晓润,李娟,刘熙.我国农业保险对农业碳排放的影响研究[J].云南农业大学学报(社会科学),2023,17(04):86-94.
- [31]胡初枝,黄贤金,钟太洋,谭丹.中国碳排放特征及其动态演进分析[J].中国人口·资源与环境,2008(03):38-42.
- [32]程秋旺,许安心,陈钦.“双碳”目标背景下农业碳减排的实现路径——基于数字普惠金融之验证[J].西南民族大学学报(人文社会科学版),2022,43(02):115-126.
- [33]毛慧,胡蓉,周力,孙杰.农业保险、信贷与农户绿色农业技术采用行为——基于植棉农户的实证分析[J].农业技术经济,2022(11):95-111.
- [34]李燕,成德宁,李朋.农业保险促进了农业绿色生产率提高吗[J].贵州财经大学学报,2018(06):101-108.
- [35]余宗昀,孙乐,陈盛伟.农业保险促进农业固碳增效了吗?——基于有调节的多重并行中介效应模型[J/OL].中国农业资源与区划:1-11.
- [36]乔伟珂.农业保险对农业绿色生产率的影响研究[D].西南财经大学,2021.
- [37]戴楚翘.农业保险对农业碳排放的影响及作用机制[D].内蒙古大学,2022.
- [38]马九杰,崔恒瑜.农业保险发展的碳减排作用:效应与机制[J].中国人口·资源与环境,2021,31(10):79-89.
- [39]周法法,郑义,李军龙.农业保险发展与农业绿色全要素生产率:内在机制与实证检验[J].世界农业,2022(10):70-82.
- [40]邓悦.农业绿色技术进步对碳排放影响研究[D].西北农林科技大学,2022.
- [41]谢政璇,柏宗春,凌颖慧,还红华.碳减排视角下农业保险发展的环境效应[J].江苏农业科学,2023,51(06):238-242.
- [42]秦国庆,杜宝瑞,贾小虎,马九杰.政策性农业保险的化肥、农药、农膜减量效应分析[J].中国农业大学学报,2023,28(01):237-251.
- [43]徐雯,张锦华.政策性农业保险的碳减排效应——来自完全成本保险和收入保

- 险试点实施的证据[J].保险研究,2023(02):20-33.
- [44]张壮,田云,陈池波.政策性农业保险能引导农业碳减排吗? [J].湖南农业大学学报(社会科学版),2023,24(02):29-38.
- [45]李谷成.中国农业的绿色生产率革命:1978—2008年[J].经济学(季刊),2014,13(02):537-558.
- [46]胡川,韦院英,胡威.农业政策、技术创新与农业碳排放的关系研究[J].农业经济问题,2018(09):66-75.
- [47]薛蕾.农业现代化视角下农业碳减排的主要形势、面临困境与实现路径——以成渝地区为例[J].西南金融,2023(05):70-82.
- [48]陈建学,陈盛伟,牛浩.农业保险发展对农业碳排放的影响机制研究——基于行为改变视角的中介效应分析[J].世界农业,2023(05):91-103.
- [49]颜光耀,陈卫洪,钱海慧.农业技术效率对农业碳排放的影响——基于空间溢出效应与门槛效应分析[J].中国生态农业学报(中英文),2023,31(02):226-240.
- [50]陈宇斌,王森,陆杉.农产品贸易对农业碳排放的影响——兼议数字乡村发展的门槛效应[J].华中农业大学学报(社会科学版),2022(06):45-57.
- [51]田云,尹恣昊.中国农业碳排放再测算:基本现状、动态演进及空间溢出效应[J].中国农村经济,2022(03):104-127.
- [52]林斌,徐孟,汪笑溪.中国农业碳减排政策、研究现状及展望[J].中国生态农业学报(中英文),2022,30(04):500-515.

后 记

三年的时光转瞬即逝，我也即将向自己的学生时代告别。遥想当年，初来学校时还是疫情重重，我们在这个不大的校园里汲取知识、挥洒汗水、结交好友、享受快乐。转眼间，时光荏苒岁月不在，我也渐渐从朝气蓬勃的青年变成一个更加踏实稳重的年轻人，心中依然怀揣着梦想、怀揣着一颗拼搏奋斗的心。总结三年的时光，心中充满感激和怀念。

感谢我的导师高树棠教授，您不仅是我学习上、生活上的良师，更是教会我为人处世、坦荡做人的师父。从您的身上，我看到了对待学术认真负责的科研态度，看到了和蔼可亲、亦师亦友的模样，更看到了一个洒脱的伟岸身影。愿您永远身体健康、笑口常开。

感谢我的室友们三年的陪伴与帮助。我认为三年的时光让我们三个变得越来越有默契、感情越来越牢固。从刚开始的青涩相识到后来的无话不说，从抗疫过程时的并肩作战到解封后的快乐时光，我们三个犹如亲兄弟一般凝聚在一起，是你们让我的研究生生活变得丰富、充实、快乐。希望我们仨都前程似锦，无论以后在天南地北都能永远怀念这段美好的时光。

感谢乒乓球——这一让我从小坚持到现在的爱好。从本科到研究生阶段，我参加了数次大大小小的乒乓球比赛，经历过失败，也取得过荣誉。乒乓球不光教会了我永不言败、昂扬拼搏的战斗精神，它更是我排解忧愁、调整心态的良药，更是陪伴我成长和进步的好朋友。感谢在大运会、高校杯等各类乒乓球赛场上与我并肩奋斗过的兄弟们，我会永远坚持打下去，永远保持热爱。

感谢我的家人、亲戚朋友们，你们是我坚强的后盾，是我一路向前的勇气。

最后，我想说，一段时光的结束也是另一段时光的开始，我们马上要告别学生时代，告别自己所剩不多的青春。希望在以后工作道路上、生活道路上，继续谦虚学习，继续昂首阔步迈进新征程。