



系统工程理论与实践  
Systems Engineering-Theory & Practice  
ISSN 1000-6788,CN 11-2267/N

## 《系统工程理论与实践》网络首发论文

题目：乡村振兴背景下农地流转补贴策略研究  
作者：曾能民，任万强，任廷海，任泉颖  
收稿日期：2024-01-17  
网络首发日期：2025-05-13  
引用格式：曾能民，任万强，任廷海，任泉颖. 乡村振兴背景下农地流转补贴策略研究[J/OL]. 系统工程理论与实践.  
<https://link.cnki.net/urlid/11.2267.N.20250512.2113.012>



**网络首发：**在编辑部工作流程中，稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定，且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式（包括网络呈现版式）排版后的稿件，可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定；学术研究成果具有创新性、科学性和先进性，符合编辑部对刊文的录用要求，不存在学术不端行为及其他侵权行为；稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准，正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性，录用定稿一经发布，不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容，只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

**出版确认：**纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊（光盘版）》电子杂志社有限公司签约，在《中国学术期刊（网络版）》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版，以单篇或整期出版形式，在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊（网络版）》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物（ISSN 2096-4188，CN 11-6037/Z），所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。

## 乡村振兴背景下农地流转补贴策略研究

曾能民<sup>1,2</sup>, 任万强<sup>1</sup>, 任廷海<sup>3\*</sup>, 任泉颖<sup>1,4</sup>

(1. 哈尔滨工程大学 经济管理学院, 哈尔滨 150001; 2. 大数据与商务智能技术工业和信息化部重点实验室 (哈尔滨工程大学), 哈尔滨 150001; 3. 贵州财经大学 工商管理学院, 贵阳 550001; 4. 山东省潍坊市寒亭区人民政府开元街道办事处, 潍坊 261100)

**摘要** 在乡村振兴过程中, 农地流转已成为农地使用权集中和农业产业化的重要手段, 由此衍生的农地流转补贴问题受到了国家的高度关注. 本文考虑了两种不同的补贴决策模式: 中央政府实施补贴决策、地方政府实施补贴决策; 每种模式下有三种不同的补贴策略: 向农户补贴、向企业补贴以及零补贴策略. 研究发现, 无论中央政府还是地方政府实施补贴决策, 在面向农户的补贴策略下, 都存在“骗补”均衡, 即农户会以负价格流转土地以套取补贴; 而在面向企业的补贴策略下, 不会出现该均衡. 而且, 当骗补均衡存在时, 中央政府实施的补贴决策依然能提高社会福利, 但地方政府实施的补贴决策可能提高也可能降低社会福利. 本文还发现, 面向农户的补贴策略和面向企业的补贴策略之间存在“收益等价定理”: 无论谁实施补贴决策, 两种策略在补贴总金额、农户收益、企业利润、消费者剩余和社会福利方面都是相同的. 农户和企业更希望地方政府实施补贴决策, 但中央政府实施补贴决策下的社会福利更高. 除此之外, 本文还将模型扩展到不对称信息的情形, 并发现, 不对称信息的引入使“面向企业补贴策略”下也存在“骗补”均衡.

**关键词** 供应链管理; 农地流转; 政府补贴

## Subsidy Strategy for Rural Land Transfer under the Background of Rural Revitalization

ZENG Nengmin<sup>1,2</sup>, REN Wanqiang<sup>1</sup>, REN Tinghai<sup>3\*</sup>, REN Quanying<sup>1,4</sup>

(1. School of Economics and Management, Harbin Engineering University, Harbin 150001, China; 2. Key Laboratory of Big Data and Business Intelligence Technology (Harbin Engineering University), Ministry of Industry and Information Technology, Harbin 150001, China; 3. College of Industry and Commerce, Guizhou University of Finance and Economics, Guiyang 550001, China; 4. Kaiyuan Sub-district Office of Hanting District, Hanting District People's Government of Weifang Municipal, Weifang 261100, China)

**Abstract** In the process of rural revitalization of China, agricultural land transfer has become the basis of rural land concentration and agricultural industrialization. Thus, the corresponding issue of farmland transfer subsidies has been highly concerned by China. This paper considers two

收稿日期: 2024-01-17

**作者简介:** 曾能民 (1986–), 男, 汉, 江西赣州人, 教授, 博士, 研究方向: 物流与供应链管理、智能预测与决策, Email: zengnengmin@126.com; 通讯作者: 任廷海 (1983–), 男, 土家族, 贵州松桃人, 副教授, 博士, 研究方向: 供应链管理, Email: hb\_198384@sina.com.

**基金项目:** 国家自然科学基金 (72001057, 72061004, 72072046, 72372039); 黑龙江省自然科学基金 (YQ2024G003)

**Foundation item:** National Natural Science Foundation of China (72001057, 72061004, 72072046, 72372039); Natural Science Foundation of Heilongjiang Province (YQ2024G003)

**中文引用格式:** 曾能民, 任万强, 任廷海, 等. 乡村振兴背景下农地流转补贴策略研究 [J]. 系统工程理论与实践. doi: 10.12011/SETP2024-0113.

**英文引用格式:** ZENG Nengmin, REN Wanqiang, REN Tinghai, et al. Subsidy Strategy for Rural Land Transfer under the Background of Rural Revitalization [J]. Systems Engineering — Theory & Practice. doi: 10.12011/SETP2024-0113.

different subsidy decision-making modes: the central government implements subsidy decision-making, and the local government implements subsidy decision-making. In each mode, there are three different subsidy strategies: subsidies to farmers, subsidies to enterprises, and zero subsidy strategies. This study finds that no matter whether the central government or local government implements subsidy decisions, there is an equilibrium of defrauding subsidies under the subsidy strategy for farmers. In other words, farmers will transfer land at a negative price to obtain subsidies. But this equilibrium will not occur on the subsidy strategy for enterprises. Moreover, when the equilibrium of defrauding subsidies exists, the subsidy decision implemented by the central government can still improve the social welfare, but the subsidy decision implemented by the local government may improve or reduce the social welfare. This study also finds that the income equivalence theorem exists between the subsidy strategy for farmers and the subsidy strategy for enterprises. Specifically, no matter who implements the subsidy decision, the two strategies are the same in terms of total subsidy amount, farmers' income, enterprise profits, consumer surplus and social welfare. Farmers and enterprises prefer the local government to implement the subsidy decision, but the social welfare is higher when the central government implements the subsidy policy. In addition, this paper extends the model to the scenario of asymmetric information, and finds that the introduction of asymmetric information leads to the equilibrium of defrauding subsidies within the subsidy strategy for enterprises.

**Keywords** supply chain management; rural land transfer; government subsidy

## 1 引言

近年来,乡村振兴受到了国家的高度重视。比如,2017年习近平总书记在十九大报告中首次将乡村振兴上升为国家战略;又比如,中共中央和国务院于2018和2021年分别颁布了《中共中央国务院关于实施乡村振兴战略的意见》和《中共中央国务院关于全面推进乡村振兴加快农业农村现代化的意见》,以推进乡村振兴战略的实施。此外,2022年党的二十大报告中再次提出,要全面推进乡村振兴战略。然而,受农村联产承包责任制的影响,我国大部分农地零碎地分散在农户手中(农户拥有土地的使用权,产权归集体所有),难以实现农业规模化、产业化发展,严重阻碍了乡村振兴战略的实施。

农地流转是解决农地分散问题,实现农业规模化和产业化的有效途径。农地流转是指农户将土地的使用权让渡给其他经营者(如企业、农业产业园等)并从中获取报酬的行为。它可以将农户分散的耕地进行集中,有利于土地和资金等生产要素的优化重组,并促进农业的规模化和产业化。因此,农地流转成为了实施乡村振兴战略的重要抓手。例如,2022年,河南省卫辉市将6个村的2900亩农地流转给北大荒集团,用以建设高标准生产基地,预计粮食年增收22万公斤,村集体经济年增收30万元<sup>[1]</sup>。又例如,江苏泰州姜堰区的井贤家庭农场从农户手中流转获得540亩农地,依托新技术大面积培育高品质稻麦,小麦亩产由300公斤增至500公斤,水稻亩产由400公斤增至700公斤<sup>[2]</sup>。

在运作实践中,为促进农业产业化发展并提高农地流转过程中农户与企业的积极性,政府一般会给予农地流转一定的补贴。有的会对集中流转农地的农户或村组织按照农地的流转数量实施补贴。比如,2017年,浙江省义乌市对集中流转面积超过100亩,且流转年限在10年以上的村组织给予每年每亩100元补贴<sup>[3]</sup>;又比如,江苏省对单宗土地流转面积1000亩以上(土地股份合作社入股面积300亩以上),且土地流转年限3年以上的农户或村组织,给予每年每亩100元的补贴<sup>[4]</sup>。有的会对流转农地以生产农产品的企业给予现金补贴,从而降低企业流转农地的成本。比如,2010年河南省商丘市政府对流转超过1000亩农地的企业,进行每亩100元的补贴<sup>[5]</sup>。又比如,2012年河南省濮阳市对流转1000亩及以上农地的企业,按照每亩200元进行补贴<sup>[5]</sup>。

在农地流转过程中存在两种不同的补贴决策模式——中央政府实施补贴决策和地方政府实施补贴决策。中央政府在决策过程中具有“全局观”,追求国家层面的效益最大化。例如,2023年国务院农业农村部通过实施“农垦粮油等主要作物大面积单产提升行动”和“农垦社会化服务+地方”(简称“两个行动”),强化农地流转补贴,促进土地经营权转让,以实现我国整体千亿斤产粮目标和农业现代化的发

展<sup>[6]</sup>. 与中央政府相比, 地方政府在决策过程中体现了更多的本位主义, 即通过农地流转补贴, 重点促进当地农业产业化发展, 和农民收入水平的提高. 例如, 湖北省黄州区通过农地流转项目, 发展特色 5G 家庭农场, 吸引 5000 余人参观游玩, 促进了当地农业和旅游业的发展<sup>[7]</sup>.

上述案例说明, 农地流转补贴是实现乡村振兴的重要举措, 但政府在进行补贴决策时, 仍然存在着诸多复杂问题. 第一补贴决策由谁来制定: 中央政府的决策往往具备全局观, 能够更大程度上促进社会福利的提高, 但无法完全了解各地区的市场条件, 很容易出现“一刀切”的现象; 而地方政府虽然能够了解当地的市场环境, 但为了冲政绩, 很容易造成补贴浪费的情形<sup>[8]</sup>. 第二, 政府的补贴应该向谁发放: 是向农户补贴, 以提高农民流转农地的积极性; 还是向企业补贴, 以降低农业生产成本, 提高抗风险能力<sup>[9]</sup>. 第三, 政府在实施补贴决策时, 补贴多少才是合适的: 补贴多了容易造成财政资源的浪费, 补贴少了又达不到“促进农业产业化”的效果<sup>[10]</sup>. 现实问题背后隐含的科学问题是, 补贴决策应该由中央政府实施还是由地方政府实施? 决策者应该向农户补贴还是向企业补贴? 不同决策主体在对面对不同补贴对象时, 最佳的补贴金额又是多少?

在理论上, 有三个方面的文献与本文直接相关. 第一个方面的文献是关于农地流转影响因素的研究. 农地流转影响因素问题一直以来受到了众多学者的讨论, 其中大部分学者研究了家庭劳动力<sup>[11,12]</sup>、农业收入比例<sup>[11,13]</sup>、农村劳动力转移<sup>[14]</sup> 等因素对农地流转的影响. 例如 Jiang 等<sup>[11]</sup> 认为家庭劳动力可用性、农业来源占总收入的百分比等因素对农地流转有显著的正向影响. 还有部分学者基于农村场地条件、家庭生计资本<sup>[15]</sup>、新型农业经营主体<sup>[16]</sup> 等视角研究了影响农地流转的因素. 例如 Wang 等<sup>[15]</sup> 研究了农村场地条件和家庭生计资本对农地流转的因果关系, 研究发现, 家庭生计资本对农地流转有显著影响, 而农村场地条件不仅影响农户流转农地的决策, 而且还影响农户生计资本.

第二个方面的文献聚焦于农地流转的经济和社会价值. 农地流转不仅可以提高农户收入水平<sup>[17,18]</sup>、促进农业生产效率<sup>[19]</sup>, 还有助于改善农业生产结构<sup>[20]</sup> 和完善农村社保和养老服务体系<sup>[21]</sup>. 例如钱忠好和冀县卿<sup>[17]</sup> 基于江苏、广西、湖北和黑龙江 4 省的农地流转效果评估, 发现农地流转可以促进农地集中, 增加农民收入. 又例如 Wang 等<sup>[21]</sup> 研究了农地流转对农村老年人多维相对贫困的影响, 研究发现, 农地流转可以缓解农村老年贫困问题, 对完善农村社会保障和养老服务体系具有积极的作用.

第三个方面的文献是关于农地流转补贴的研究. 政府的农地流转补贴不仅可以提高农地流转的市场价格<sup>[22]</sup>, 还可以促进农户家庭收入水平的提高<sup>[23]</sup>. 然而不同的政府补贴策略对农地流转的作用不同. 例如 Tian 等<sup>[24]</sup> 发现, 与向企业补贴相比, 政府向农户补贴更能促进农业产业化发展. 再例如 Wang 等<sup>[25]</sup> 发现, 与退耕还林计划补贴和其他财政转移支付补贴相比, 综合农业补贴对维持农业生产和促进土地流转更为重要. 除此之外, 谢荣见等<sup>[26]</sup> 发现了政府的农地流转补贴对农地流转的作用, 还受当地农田产出收益的影响, 其中在农地产出收益较高的地区, 政府补贴对推行农地流转的影响较小; 反之, 政府补贴对推行农地流转的影响较大.

纵观既往文献, 尽管大量文献对农地流转问题进行了深入讨论, 然而针对不同的补贴决策模式——中央政府实施补贴的决策模式与地方政府实施补贴的决策模式的比较研究未见. 为此, 本文构建了考虑政府补贴的农地流转供应链决策模型, 分析了供应链成员的均衡决策, 并比较了不同补贴策略对农户、企业和社会福利的影响. 与既往文献的区别在于, 本文考虑了农地流转过程中两种不同的补贴决策模式: 中央政府决策模式和地方政府决策模式; 且每种补贴模式下有三种不同的补贴策略: 向农户补贴、向企业补贴以及零补贴策略. 本文采用数学推理的方式证明了农地流转过程中, 农户存在“骗补”均衡, 而且中央政府实施补贴决策模式下, “骗补”均衡的存在依然会促进社会福利的提高.

## 2 模型描述

考虑由农户联合体<sup>1</sup>(如村集体)和企业组成的供应链,其中农户联合体将农地流转给企业,企业在流转的农地上规模化生产某种农产品并投放到市场<sup>2</sup>.设农户联合体的单位土地流转价格为 $w$ ,企业的单位产品生产成本为 $c$ ,企业面临的市场反需求函数为 $P = D - a\mu q$ <sup>[27,28]</sup>,其中 $D$ 为市场潜能, $a$ 为数量敏感性系数且 $a > 0$ , $\mu$ 为单位农地获得的农产品产量且 $\mu > 0$ , $q$ 为企业流转农地的数量.除单位生产成本 $c$ 和单位土地流转费 $w$ 外,本模型不失一般性地将企业的其他成本标准化为零.近年来,随着工业化和城镇化的发展,大量农业人口往城市转移,这使很多农地存在被闲置的风险(例如我国2023年农地闲置率达到4.8%<sup>[29]</sup>).因此,本文假设农地闲置率为 $\theta(0 \leq \theta \leq 1)$ ,那么非闲置率为 $1 - \theta$ <sup>[26]</sup>,且农户通过单位非闲置农地获得的自营利润为 $y$ <sup>[30]</sup>.为了避免无意义的讨论,本文假设 $D > c$ ,它意味着当 $q = 0$ 时, $P > c$ ,即产品的极限最高价格大于单位生产成本(该假设在大量研究中使用,例如文献[31]和[32]).

在农地流转时,政府为提高农户与企业的积极性,并促进农业的规模化、产业化发展,会对农户或企业进行补贴(即面向农户的补贴策略或面向企业的补贴策略).在对农户或企业补贴时,政府一般会根据流转的农地数量进行补贴(如引言中提到的浙江省义乌市政府和河南省章丘市政府).设政府对流转的每单位农地补贴金额为 $s$ ,政府的补贴预算约束为 $b(b > 0)$ .在运作实践中,政府对农地流转的补贴金额可能由地方政府决策,也可能由中央政府决策,并且无论是地方政府决策还是中央政府决策都存在两种补贴策略:面向农户补贴和面向企业补贴;两种决策模式不同的是,中央政府的决策目标为整体社会福利的最大化(如前言中所提到的,中央政府通过农地流转提高我国整体农业现代化水平和实现千亿产量的目标),而地方政府的决策目标为地方性社会福利最大化(如前言中所指出的,湖北省黄冈区政府通过农地流转提高农户收入水平等).具体的供应链结构如图1所示.在决策顺序方面,如图2所示,政府先决策单位农地的补贴金额 $s$ ,然后农户联合体决策<sup>3</sup>其单位农地的流转价格 $w$ ,最后企业决策农地的流转数量(即需要的农地数量) $q$ .

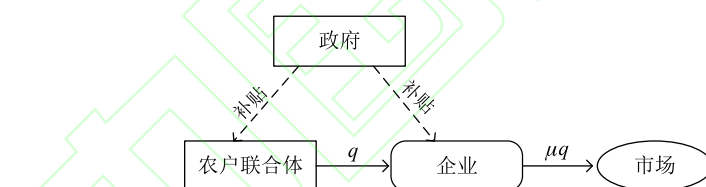


图1 考虑政府补贴的农地流转供应链

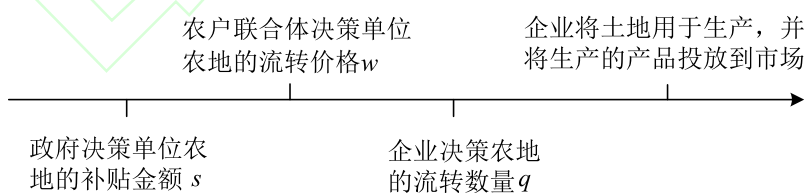


图2 农地流转的事件顺序

## 3 模式 1: 地方政府实施补贴决策

首先,分析地方政府实施补贴决策时,面向农户的补贴策略和面向企业的补贴策略下各方的决策均衡.

<sup>1</sup>考虑到企业在流转农地时不只流转1家农户的土地,而是根据生产经营的需要,流转某一区域内很多农户的耕地;此外,农村土地归村集体所有,而农户只有使用权,农村的土地也经常以村集体(或村组织)为单位进行流转,因此本文引入农户联合体的概念,它指的是实施农地流转的若干农户的集合.

<sup>2</sup>企业所面临的市场并非是农户和企业所在地的市场,而是全国性市场.

<sup>3</sup>农户联合体在决策土地单位流转价格时,往往是由村长或村民选派的能代表农户联合体利益的代理者进行决策.

### 3.1 面向农户的补贴策略

在面向农户的补贴策略下, 采用逆向归纳法, 先分析企业的农地流转数量决策. 给定政府的单位补贴金额  $s_u$ , 农户联合体的流转单价  $w_u$ , 企业需决策农地流转数量 (即需要的土地数量)  $q_u$  以最大化其利润  $\pi_u^E$  (上标  $E$  代表企业, 下标  $u$  代表面向农户的补贴策略, 下同):

$$\max_{q_u} \pi_u^E = \mu q_u (D - a\mu q_u) - w_u q_u - \mu q_u c \quad (1)$$

$$\text{s.t. } q_u \geq 0 \quad (2)$$

其中  $\mu q_u (D - a\mu q_u)$  为企业的销售收入,  $w_u q_u$  为企业的土地流转成本,  $\mu q_u c$  为企业的生产成本. 接下来, 分析农户联合体的土地流转单价决策. 给定政府的单位补贴金额  $s_u$ , 农户联合体需决策  $w_u$  以最大化其收益  $\pi_u^F$  (上标  $F$  代表农户联合体, 下同):

$$\max_{w_u} \pi_u^F = w_u q_u + s_u q_u \quad (3)$$

$$\text{s.t. } w_u q_u + s_u q_u \geq (1 - \theta) q_u y \quad (4)$$

其中  $w_u q_u$  为农户联合体的农地流转收入,  $s_u q_u$  为农户联合体从政府获得的补贴收入,  $(1 - \theta) q_u y$  为农户不流转土地时获得的期望收益. 最后, 分析政府的单位补贴金额决策, 即地方政府需决策  $s_u$  以最大化地方性社会福利 (参考文献 [33] 的设置, 地方性社会福利仅包含当地企业利润和农户联合体的收益):

$$\max_{s_u} \pi_u^F + \pi_u^E \quad (5)$$

$$\text{s.t. } s_u q_u \leq b \quad (6)$$

值得注意的是, 地方政府决策时具有本位主义, 即只会关注所管辖区域内企业和农户联合体的效益, 而产品的消费者来自全国各地, 地方政府无法统计消费者剩余的大小, 故没有将消费者剩余纳入到地方性社会福利中<sup>[33]</sup>. 另外,  $b$  是中央财政给地方政府的拨款, 根据我国现行的制度, 如果地方政府没有使用或没有用完这些拨款, 这些拨款的全部或剩余部分将被中央财政收回<sup>[34]</sup>; 因此本文没有将  $b$  纳入到地方性社会福利中, 也没有在 (5) 式的目标函数中减去补贴总金额  $s_u q_u$ . 求解上述三个数学规划构成的 3 阶段博弈问题, 可得政府、农户联合体和企业的均衡决策及相应利润, 见引理1.

**引理 1** 当地方政府采取面向农户的补贴策略时, 企业、农户联合体和政府的均衡决策和相应利润如下:

| 条件                     | $y \leq \frac{(D-c+h_1)\mu}{4(1-\theta)}$ | $y > \frac{(D-c+h_1)\mu}{4(1-\theta)}$                  |
|------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 企业的流转数量决策 $q_u^*$      | $\frac{D-c+h_1}{8a\mu}$                   | $\frac{\mu(D-c)-(1-\theta)y+h_2}{4a\mu^2}$              |
| 农户联合体的单位流转价格决策 $w_u^*$ | $\frac{[3(D-c)-h_1]\mu}{4}$               | $\frac{\mu(D-c)+(1-\theta)y-h_2}{2}$                    |
| 地方政府的单位补贴金额决策 $s_u^*$  | $\frac{[h_1-(D-c)]\mu}{2}$                | $\frac{h_2-[\mu(D-c)-(1-\theta)y]}{2}$                  |
| 企业的利润 $\pi_u^{E*}$     | $\frac{(D-c+h_1)^2}{64a}$                 | $\frac{[\mu(D-c)-(1-\theta)y+h_2]^2}{16a\mu^2}$         |
| 农户联合体的收益 $\pi_u^{F*}$  | $\frac{(D-c+h_1)^2}{32a}$                 | $\frac{(1-\theta)y[\mu(D-c)-(1-\theta)y+h_2]}{4a\mu^2}$ |

注:  $h_1 = \sqrt{16ab + (D - c)^2}$ ,  $h_2 = \sqrt{8ab\mu^2 + [\mu(D - c) - (1 - \theta)y]^2}$ .

**证明** 详见附录 A, 下同. 证毕. □

引理1给出了地方政府采取面向农户的补贴策略时企业、农户联合体和政府的均衡决策. 通过引理1可知, 当单位非闲置农地自营利润较低即  $y \leq [D - c + \sqrt{16ab + (D - c)^2}]\mu / (4 - 4\theta)$  时, 农户联合体的单位流转价格、企业的农地流转数量、政府的单位补贴金额与单位非闲置农地的自营利润  $y$  以及农地闲置率  $\theta$  无关. 当单位非闲置农地自营利润较大即  $y > [(D - c + \sqrt{16ab + (D - c)^2})\mu] / (4 - 4\theta)$  时, 随着单位非闲置农地自营利润  $y$  的提高, 农户联合体的单位流转价格和政府的单位补贴金额也会随之提

高,企业的农地流转数量会随之减少 ( $\partial w_u^*/\partial y > 0$ ,  $\partial s_u^*/\partial y > 0$ ,  $\partial q_u^*/\partial y < 0$ ); 而随着农地闲置率  $\theta$  的提高,农户联合体的单位流转价格和政府的单位补贴金额会随之减少,企业的农地流转数量会随之增加 ( $\partial w_u^*/\partial \theta < 0$ ,  $\partial s_u^*/\partial \theta < 0$ ,  $\partial q_u^*/\partial \theta > 0$ ). 这是因为,当单位非闲置农地自营利润较低时,农户联合体为保证自身收益,不会根据农地自营收益和农地闲置率制定单位流转价格. 当单位非闲置农地自营利润较高时,随着单位非闲置农地自营利润的增加,农地本身的产值随之提高,农户联合体针对土地流转的要价也会随之提高,导致企业的流转成本增加,农地的需求数量降低,此时政府为促进农业规模化和产业的发展,只能提高单位补贴金额; 而随着农地闲置率的提高,则出现相反的结果.

### 3.2 面向企业的补贴策略

在面向企业的补贴策略下,采用逆向归纳法,先分析企业的农地流转数量决策. 给定政府的单位补贴金额  $s_d$ , 农户联合体的流转单价  $w_d$ , 企业需决策农地流转数量 (即需要的土地数量)  $q_d$  以最大化其利润  $\pi_d^E$  (下标  $d$  代表面向企业的补贴策略,下同):

$$\max_{q_d} \pi_d^E = \mu q_d (D - a\mu q_d) - w_d q_d - \mu q_d c + s_d q_d \quad (7)$$

$$\text{s.t. } q_d \geq 0 \quad (8)$$

其中  $\mu q_d (D - a\mu q_d)$  为企业的销售收入,  $w_d q_d$  为企业的土地流转成本,  $\mu q_d c$  为企业的生产成本,  $s_d q_d$  为企业从政府获得的补贴收入. 接下来,分析农户联合体的农地流转单价决策: 给定政府的单位补贴金额  $s_d$ , 农户联合体需决策  $w_d$  以最大化其收益  $\pi_d^F$ :

$$\max_{w_d} \pi_d^F = w_d q_d \quad (9)$$

$$\text{s.t. } w_d q_d \geq (1 - \theta) q_d y \quad (10)$$

其中  $w_d q_d$  为农户联合体的农地流转收入,  $(1 - \theta) q_d y$  为农户不流转土地时获得的期望收益. 最后,分析政府的单位补贴金额决策,即地方政府需决策  $s_d$  以最大化地方性社会福利:

$$\max_{s_d} \pi_d^F + \pi_d^E \quad (11)$$

$$\text{s.t. } s_d q_d \leq b \quad (12)$$

求解上述三个数学规划构成的 3 阶段博弈问题,可得政府、农户联合体和企业的均衡决策及相应利润,见引理2.

**引理 2** 面向企业的补贴策略下,企业、农户联合体和政府的均衡决策和相应利润如下:

| 条件                     | $y \leq \frac{(D-c+h_1)\mu}{4(1-\theta)}$ | $y > \frac{(D-c+h_1)\mu}{4(1-\theta)}$                  |
|------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 企业的流转数量决策 $q_d^*$      | $\frac{D-c+h_1}{8a\mu}$                   | $\frac{\mu(D-c)-(1-\theta)y+h_2}{4a\mu^2}$              |
| 农户联合体的单位流转价格决策 $w_d^*$ | $\frac{[D-c+h_1]\mu}{4}$                  | $(1-\theta)y$                                           |
| 地方政府的单位补贴金额决策 $s_d^*$  | $\frac{[h_1-(D-c)]\mu}{2}$                | $\frac{h_2-[\mu(D-c)-(1-\theta)y]}{2}$                  |
| 企业的利润 $\pi_d^{E*}$     | $\frac{(D-c+h_1)^2}{64a}$                 | $\frac{[\mu(D-c)-(1-\theta)y+h_2]^2}{16a\mu^2}$         |
| 农户联合体的收益 $\pi_d^{F*}$  | $\frac{(D-c+h_1)^2}{32a}$                 | $\frac{(1-\theta)y[\mu(D-c)-(1-\theta)y+h_2]}{4a\mu^2}$ |

注:  $h_1 = \sqrt{16ab + (D-c)^2}$ ,  $h_2 = \sqrt{8ab\mu^2 + [\mu(D-c) - (1-\theta)y]^2}$ .

通过引理1和引理2可以发现,地方政府实施补贴决策时,无论采取面向农户的补贴策略还是面向企业的补贴策略,补贴总金额总是等于补贴预算 ( $s_u^* q_u^* = b$ ,  $s_d^* q_d^* = b$ ),即地方政府会将全部补贴预算用完. 这是因为,地方政府实施补贴决策时,只考虑地方性社会福利 (即农户收益与企业利润的总和),不考虑补贴成本,因此会将补贴预算全部发放完,以促进当地农业的规模化.

### 3.3 不同补贴策略之间的比较分析

为了研究政府补贴对企业与农户联合体均衡决策的影响, 接下来考虑一种特殊情况: 政府既不向农户补贴也不向企业补贴, 即零补贴策略 (可理解为预算约束  $b = 0$ ), 在零补贴策略下企业和农户联合体的均衡决策和相应利润见引理3.

**引理 3** 在零补贴策略下, 农户联合体和企业的均衡决策和相应利润如下 (下标  $Z$  表示零补贴策略的标签):

| 条件                     | $y \leq \frac{(D-c)\mu}{2(1-\theta)}$ | $\frac{(D-c)\mu}{2(1-\theta)} < y \leq \frac{(D-c)\mu}{1-\theta}$ | $y > \frac{(D-c)\mu}{1-\theta}$ |
|------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| 企业的流转数量决策 $q_z^*$      | $\frac{D-c}{4a\mu}$                   | $\frac{(D-c)\mu - (1-\theta)y}{2a\mu^2}$                          | 0                               |
| 农户联合体的单位流转价格决策 $w_z^*$ | $\frac{(D-c)\mu}{2}$                  | $(1-\theta)y$                                                     | $(1-\theta)y$                   |
| 企业的利润 $\pi_z^{E*}$     | $\frac{(D-c)^2}{16a}$                 | $\frac{[(D-c)\mu - (1-\theta)y]^2}{4a\mu^2}$                      | 0                               |
| 农户联合体的收益 $\pi_z^{F*}$  | $\frac{(D-c)^2}{8a}$                  | $\frac{[(D-c)\mu - (1-\theta)y](1-\theta)y}{2a\mu^2}$             | 0                               |

通过引理3与引理1、引理2的对比发现, 在零补贴策略下, 当单位非闲置农地的自营利润较大即  $y > (D-c)\mu/(1-\theta)$  时, 企业会选择放弃土地的流转即  $q_z^* = 0$ , 而当地方政府实施面向农户的补贴策略或面向企业的补贴策略时, 农户联合体与企业的农地流转契约总能达成. 这是因为, 无论是面向农户的补贴策略还是面向企业的补贴策略, 当单位非闲置农地的自营利润较大时, 为了避免企业放弃流转农地, 地方政府会提高单位补贴金额, 来降低企业的农地流转成本, 故农地流转总会发生.

**推论 1** 无论地方政府采取面向农户的补贴策略还是面向企业的补贴策略, 农地的均衡流转数量均大于零补贴策略下的均衡流转数量, 即  $q_u^* > q_z^*$  且  $q_d^* > q_z^*$ .

推论1背后的原因如下: 面向农户的补贴策略下, 农户联合体为了获得较多的补贴, 会降低农地的流转价格, 以提高农地的流转数量; 面向企业的补贴策略下, 政府的补贴可以直接降低企业的农地流转成本, 增加企业的流转数量. 因此, 上述两种策略下的农地流转数量高于零补贴下的相应值.

**推论 2** 在三种补贴策略下, 面向农户补贴时的农地流转价格最低, 其次是零补贴策略, 而面向企业补贴时的农地流转价格最高, 即  $w_u^* < w_z^* \leq w_d^*$ .

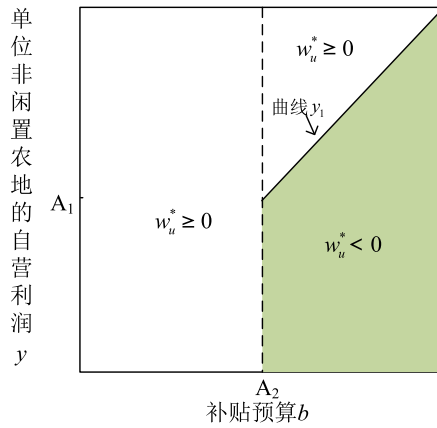
推论2背后的原因如下: 面向农户的补贴策略下, 农户联合体为了获得更多的政府补贴, 会降低流转价格以提高农地流转数量, 因此面向农户补贴策略下, 农户联合体的单位流转价格最低; 面向企业的补贴策略下, 农户联合体知道企业将获得政府的补贴, 故会利用先动优势提高单位流转价格以从政府补贴中获利, 故此时的单位流转价格最高; 而在零补贴策略下, 农户联合体和企业均没有获得政府补贴, 因此单位流转价格适中.

**命题 1** 在面向农户的补贴策略下, 若补贴预算较小 (即  $b \leq (D-c)^2/2a$ ), 则农地流转价格大于等于零 ( $w_u^* \geq 0$ ); 若补贴预算较大 (即  $b > (D-c)^2/2a$ ), 此时农地流转价格的正负还取决于单位非闲置农地的自营利润: 当单位非闲置农地的自营利润较大 (即  $y \geq 2ab\mu/(D-c)(1-\theta)$ ) 时, 农地流转价格大于等于零 ( $w_u^* \geq 0$ ), 否则 ( $y < 2ab\mu/(D-c)(1-\theta)$ ), 农地流转价格小于零 ( $w_u^* < 0$ ).

图3直观地展示了命题1的结论. 命题1和图3表明, 在面向农户的补贴策略下, 当补贴预算较大且农地自营利润较小的情况下 (图3中阴影区域), 农户联合体会以负价格 (即倒贴钱) 把农地流转给企业, 从而套取政府补贴, 即存在“骗补”均衡. 这是因为, 在面向农户的补贴策略下, 当预算补贴较大且单位非闲置农地自营利润较小时, 农户获得的单位补贴高于非闲置农地的单位自营利润, 于是农户会以负价格 (即倒贴钱) 的方式流转土地, 以提高农地流转数量并获取较多的政府补贴. 命题1的管理启示是: 对地方政府而言, 若采取面向农户的补贴策略, 则很有可能会出现农户“骗补”的情况, 从而对补贴政策的实施造成舆论压力.

**命题 2** 在面向企业的补贴策略下, 农户联合体的单位流转价格总是大于零 ( $w_d^* > 0$ ).

命题1与命题2表明, 尽管面向农户的补贴策略下存在“骗补”均衡, 但在面向企业的补贴策略下, 不会出现这样的均衡. 其背后的原因如下: 在面向企业的补贴策略下, 农户并没有直接获得政府的补贴, 只能依赖流转农地获得的收入, 因此单位流转价格只能大于零; 而在面向农户补贴策略下, 农户的收益不



(注:  $A_1 = (D - c)\mu/(1 - \theta)$ ,  $A_2 = (D - c)^2/2a$ ,  $y_1 = 2ab\mu/(D - c)(1 - \theta)$ )

图 3 面向农户的补贴策略下农户联合体的单位流转价格

仅包含流转农地获得的收入, 还有政府给予的补贴, 当政府补贴预算较大且农地自营收益较小时, 农户联合会会倒贴钱把农地流转给企业, 从而套取政府补贴. 命题2的管理启示是: 地方政府采取面向企业的补贴策略时, 不会出现“骗补”均衡, 不会对补贴政策的实施造成舆论压力.

将农地流转产生的(全)社会福利定义为:  $\pi^H = \pi^C + \pi^E + \pi^F - s^*q^*$ , 其中  $\pi^E$  为企业的利润,  $\pi^F$  为农户联合体的收益,  $s^*q^*$  为政府的补贴成本(零补贴策略下  $s^*q^* = 0$ ),  $\pi^C$  为消费者剩余<sup>[35]</sup>且满足

$$\pi^C = \int_0^{\mu q^*} (D - a\mu q - P^*)d\mu q = \frac{a\mu^2 q^{*2}}{2}$$

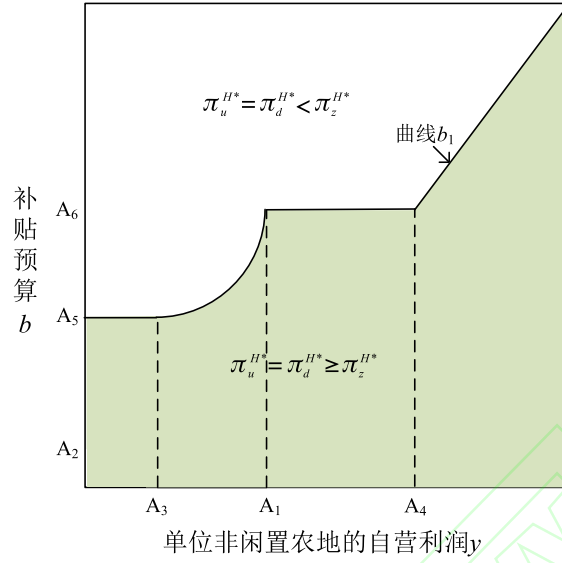
由此可得命题3、4.

**命题 3** 无论地方政府采取面向农户的补贴策略还是面向企业的补贴策略, 两种策略下农地流转数量、农户联合体的收益、企业的利润、消费者剩余和社会福利都是相同的, 即  $q_u^* = q_d^*$ 、 $\pi_u^F = \pi_d^F$ 、 $\pi_u^E = \pi_d^E$ 、 $\pi_u^C = \pi_d^C$  和  $\pi_u^H = \pi_d^H$ .

由于在面向农户的补贴策略下, 农户联合体能获得政府的直接补贴, 故直觉上很容易认为: 与面向企业的补贴策略相比, 当地方政府向农户进行补贴时, 农户联合会将获得更高的收益, 同理当地方政府向企业补贴时, 企业将获得更高的利润. 然而出人意料的是, 命题3却表明, 两种补贴策略之间存在收益等价定理: 两种策略下农户联合体的收益和企业的利润都是等价的. 这是因为, 面向农户的补贴策略下, 农户联合会为了获取更多的补贴, 会降低单位流转价格以促进企业进行农地流转, 即通过供应链的传递性将部分补贴转移给下游的企业; 而地方政府向企业补贴时, 农户联合会会通过先动优势提高农地流转的价格, 从而间接地从补贴中获利, 即通过供应链的传递性从下游获得补贴带来的好处. 上述两种传递只是方向不同, 但最终的结果是一致的, 故无论政府采取面向农户的补贴策略还是面向企业的补贴策略, 农地流转的数量是相同的, 农户联合体的收益和企业的利润是等价的. 于是两种补贴策略下, 产品的生产数量和价格也是相同的, 因此消费者剩余和全社会福利也等价.

**命题 4** 与零补贴策略相比, 存在一个阈值  $b_1$  使补贴预算小于该阈值(即  $b \leq b_1$ )时, 地方政府的补贴策略可以提高社会福利( $\pi_u^H = \pi_d^H \geq \pi_z^H$ ); 反之(即  $b > b_1$ ), 会降低社会福利( $\pi_u^H = \pi_d^H < \pi_z^H$ ), 其中阈值  $b_1$  满足

$$b_1 = \begin{cases} \frac{21(D-c)^2}{2a}, & y \leq \frac{(D-c)\mu}{2(1-\theta)} \\ \frac{[5(D-c)\mu + 2(1-\theta)y][3(D-c)\mu + (1-\theta)y]}{2a\mu^2}, & \frac{(D-c)\mu}{2(1-\theta)} < y \leq \frac{(D-c)\mu}{1-\theta} \\ \frac{14(D-c)^2}{a}, & \frac{(D-c)\mu}{1-\theta} < y \leq \frac{4(D-c)\mu}{1-\theta} \\ \frac{2(D-c)[3(D-c)\mu + (1-\theta)y]}{a\mu}, & y > \frac{4(D-c)\mu}{1-\theta} \end{cases}$$



(注:  $A_1 = (D-c)\mu/(1-\theta)$ ,  $A_3 = (D-c)\mu/2(1-\theta)$ ,  $A_4 = 4(D-c)\mu/(1-\theta)$ ,  $A_5 = 21(D-c)^2/2a$ ,  $A_6 = 14(D-c)^2/a$ )

图4 三种补贴策略下总体社会福利的比较

图4直观地展示了命题4中的结论. 命题4背后的原因如下: 如前所述, 地方政府实施补贴决策时会将所有补贴预算用完, 于是与零补贴策略相比, 若补贴预算较小 (即  $b \leq b_1$ , 对应图4中阴影区域), 政府通过少量的补贴提高了农户联合体的收益、企业的利润和消费者剩余, 从而提高了社会福利; 若补贴预算较大 (即  $b > b_1$ , 对应图4中空白区域), 政府的补贴策略虽然可以提高农户联合体的收益、企业的利润和消费者剩余, 但三者增加的效益无法弥补较高的补贴成本, 故政府的补贴策略会降低社会福利. 命题4的管理启示是: 如果补贴预算过于充足, 容易造成地方政府的过度补贴, 从而导致补贴资源的浪费和社会福利的损失.

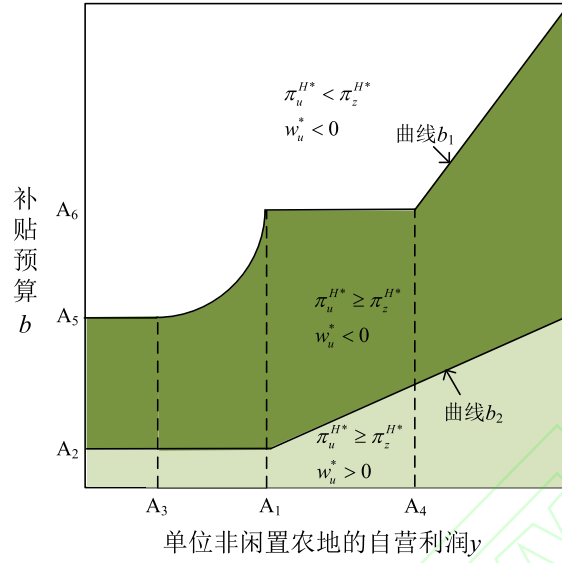
不难发现, 命题1可以改写为: 在面向农户的补贴策略下, 若补贴预算  $b \leq b_2$ , 则农地的均衡流转价格  $w_u^* \geq 0$ ; 若补贴预算  $b > b_2$ , 则农地的均衡流转价格  $w_u^* < 0$ , 其中阈值  $b_2$  满足

$$b_2 = \begin{cases} \frac{(D-c)^2}{2a}, & y \leq \frac{(D-c)\mu}{1-\theta} \\ \frac{y(D-c)(1-\theta)}{2a\mu}, & y > \frac{(D-c)\mu}{1-\theta} \end{cases}$$

通过比较  $b_2$  与命题4中的阈值  $b_1$ , 可得推论3.

**推论3** 在地方政府实施补贴决策时, “骗补” 均衡存在的条件比社会福利降低的条件更松, 即  $b_2 < b_1$ .

图5直观地展示了推论3中的结论. 具体而言, 在面向农户的补贴策略下, 若补贴预算较小 (即  $b \leq b_2$ , 对应图5中浅色阴影区域), 则地方政府的补贴决策会提高社会福利, 且 “骗补” 均衡不会出现 ( $\pi_u^{H*} \geq \pi_z^{H*}$ ,  $w_u^* \geq 0$ ); 若补贴预算适中 (即  $b_2 < b \leq b_1$ , 对应图5中深色阴影区域), 则地方政府的补贴决策会提高社会福利, 但会出现 “骗补” 均衡 ( $\pi_u^{H*} \geq \pi_z^{H*}$ ,  $w_u^* < 0$ ); 若补贴预算较大 (即  $b > b_1$ , 对应图5中空白区域), 则地方政府的补贴决策会降低社会福利, 且会出现 “骗补” 均衡 ( $\pi_u^{H*} < \pi_z^{H*}$ ,  $w_u^* < 0$ ). 这是因为, 当补贴预算适中 ( $b_2 < b \leq b_1$ ) 时, “骗补” 行为尽管套取了国家补贴, 但农户以负价格流转土地的做法却可以提升农地流转数量, 促进农业的规模化经营并缓解土地闲置, 从而提升社会效率; 当社会效率提升带来的好处大于补贴资源的损失时, “骗补” 均衡的存在并不妨碍社会福利的提升. 当政府补贴预算较小或补贴预算较大 ( $b \leq b_2$  或  $b > b_1$ ) 时, 背后的原因与命题1、命题4类似, 此处不再赘述.



(注:  $A_1 = (D - c)\mu/(1 - \theta)$ ,  $A_2 = (D - c)^2/2a$ ,  $A_3 = (D - c)\mu/2(1 - \theta)$ ,  $A_4 = 4(D - c)\mu/(1 - \theta)$ ,  $A_5 = 21(D - c)^2/2a$ ,  $A_6 = 14(D - c)^2/a$ )

图 5 社会福利区间与“骗补”区间的比较

#### 4 模式 2: 中央政府实施补贴决策

接下来, 分析中央政府实施补贴决策时, 面向农户的补贴策略和面向企业的补贴策略下政府、农户联合体和企业的决策均衡.

##### 4.1 面向农户的补贴策略分析

在面向农户的补贴策略下, 采用逆向归纳法, 先分析企业的农地流转数量决策. 给定中央政府的单位补贴金额  $s_{Gu}$ , 农户联合体的单位流转价格  $w_{Gu}$ , 企业需决策  $q_{Gu}$  以最大化其利润  $\pi_{Gu}^E$  (下标  $G$  代表中央政府决策的情况, 下同):

$$\max_{q_{Gu}} \pi_{Gu}^E = \mu q_{Gu} (D - a\mu q_{Gu}) - w_{Gu} q_{Gu} - \mu q_{Gu} c \quad (13)$$

$$\text{s.t. } q_{Gu} \geq 0 \quad (14)$$

其中  $\mu q_{Gu} (D - a\mu q_{Gu})$  为企业的销售收入,  $w_{Gu} q_{Gu}$  为企业的流转成本,  $\mu q_{Gu} c$  为企业的生产成本. 接下来, 分析农户联合体的土地流转单价决策: 给定中央政府的单位补贴金额  $s_{Gu}$ , 农户联合体需决策  $w_{Gu}$  以最大化其收益  $\pi_{Gu}^F$ :

$$\max_{w_{Gu}} \pi_{Gu}^F = w_{Gu} q_{Gu} + s_{Gu} q_{Gu} \quad (15)$$

$$\text{s.t. } w_{Gu} q_{Gu} + s_{Gu} q_{Gu} \geq (1 - \theta) q_{Gu} y \quad (16)$$

其中  $w_{Gu} q_{Gu}$  为农户联合体的农地流转收入,  $s_{Gu} q_{Gu}$  为农户联合体从政府获得的补贴收入,  $(1 - \theta) q_{Gu} y$  为农户不流转农地时获得的期望收益. 最后, 分析中央政府的单位补贴金额决策, 即中央政府需决策  $s_{Gu}$  以最大化总社会福利 (参考文献 [33] 的设置, 中央政府决策下的社会福利为企业利润、农户联合体收益和消费者剩余之和, 减去补贴成本):

$$\max_{s_{Gu}} \pi_{Gu}^C + \pi_{Gu}^E + \pi_{Gu}^F - s_{Gu} q_{Gu} \quad (17)$$

$$\text{s.t. } s_{Gu} q_{Gu} \leq b \quad (18)$$

其中,  $\pi_{Gu}^C$  为中央政府决策下面向农户补贴策略的消费者剩余,  $\pi_{Gu}^E$  为企业的利润,  $\pi_{Gu}^F$  为农户联合体的收益,  $s_{Gu} q_{Gu}$  为中央政府决策下面向农户的补贴成本,  $b$  为中央政府的补贴预算, 求解上述三个数学规划, 可得政府、农户联合体和企业的均衡决策, 见引理4.

**引理 4** 当中央政府实施补贴决策时, 在面向农户的补贴策略下, 企业、农户联合体和政府的均衡决策如下:

| 条件                                                                    | 企业的流转数量决策 $q_{Gu}^*$       | 农户联合体的单位流转价格决策 $w_{Gu}^*$   | 中央政府的单位补贴金额决策 $s_{Gu}^*$   |
|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| $y < \frac{(D-c)\mu}{2(1-\theta)}$                                    |                            |                             |                            |
| $b < \frac{3(D-c)^2}{a}$                                              | $\frac{D-c+h_1}{8\mu a}$   | $\frac{[3(D-c)-h_1]\mu}{4}$ | $\frac{[h_1-(D-c)]\mu}{2}$ |
| $b \geq \frac{3(D-c)^2}{a}$                                           | $\frac{D-c}{a\mu}$         | $-(D-c)\mu$                 | $3(D-c)\mu$                |
| $\frac{(D-c)\mu}{2(1-\theta)} \leq y \leq \frac{2(D-c)\mu}{1-\theta}$ |                            |                             |                            |
| $b < \frac{y(1-\theta)h_5}{2\mu^2 a}$                                 | $\frac{h_2-h_3}{4\mu^2 a}$ | $\frac{h_4-h_2}{2}$         | $\frac{h_2+h_3}{2}$        |
| $\frac{y(1-\theta)h_5}{2\mu^2} \leq b < \frac{3(D-c)^2}{a}$           | $\frac{D-c+h_1}{8\mu a}$   | $\frac{[3(D-c)-h_1]\mu}{4}$ | $\frac{[h_1-(D-c)]\mu}{2}$ |
| $b \geq \frac{3(D-c)^2}{a}$                                           | $\frac{D-c}{a\mu}$         | $-(D-c)\mu$                 | $3(D-c)\mu$                |
| $y > \frac{2(D-c)\mu}{1-\theta}$                                      |                            |                             |                            |
| $b < \frac{(D-c)h_4}{\mu a}$                                          | $\frac{h_2-h_3}{4\mu^2 a}$ | $\frac{h_4-h_2}{2}$         | $\frac{h_2+h_3}{2}$        |
| $b \geq \frac{(D-c)h_4}{\mu a}$                                       | $\frac{D-c}{a\mu}$         | $-(D-c)\mu$                 | $h_4$                      |

注:  $h_1 = \sqrt{16ab + (D-c)^2}$ ,  $h_2 = \sqrt{8ab\mu^2 + [\mu(D-c) - (1-\theta)y]^2}$ ,  $h_3 = (1-\theta)y - (D-c)\mu$ ,  $h_4 = (1-\theta)y + (D-c)\mu$ ,  $h_5 = 2(1-\theta)y - (D-c)\mu$ .

#### 4.2 面向企业的补贴策略分析

在面向企业的补贴策略下, 采用逆向归纳法, 先分析企业的流转数量决策. 给定中央政府的单位补贴金额  $s_{Gd}$ , 农户联合体的单位流转价格  $w_{Gd}$ , 企业需决策  $q_{Gd}$  以最大化其利润  $\pi_{Gd}^E$ :

$$\max_{q_{Gd}} \pi_{Gd}^E = \mu q_{Gd}(D - a\mu q_{Gd}) - w_{Gd}q_{Gd} - \mu q_{Gd}c + s_{Gd}q_{Gd} \quad (19)$$

$$\text{s.t. } q_{Gd} \geq 0 \quad (20)$$

其中  $\mu q_{Gd}(D - a\mu q_{Gd})$  为企业的销售收入,  $w_{Gd}q_{Gd}$  为企业的流转成本,  $\mu q_{Gd}c$  为企业的生产成本,  $s_{Gd}q_{Gd}$  为企业从政府获得的补贴收入. 接下来, 分析农户联合体的单位流转价格决策: 给定中央政府的单位补贴金额  $s_{Gd}$ , 农户联合体需决策  $w_{Gd}$  以最大化其收益  $\pi_{Gd}^F$ :

$$\max_{w_{Gd}} \pi_{Gd}^F = w_{Gd}q_{Gd} \quad (21)$$

$$\text{s.t. } w_{Gd}q_{Gd} \geq (1-\theta)q_{Gd}y \quad (22)$$

其中  $w_{Gd}q_{Gd}$  为农户联合体的农地流转收入,  $(1-\theta)q_{Gd}y$  为农户不流转农地时获得的期望收益. 最后, 分析中央政府的单位补贴金额决策, 即中央政府需决策  $s_{Gd}$  以最大化社会福利:

$$\max_{s_{Gd}} \pi_{Gd}^C + \pi_{Gd}^E + \pi_{Gd}^F - s_{Gd}q_{Gd} \quad (23)$$

$$\text{s.t. } s_{Gd}q_{Gd} \leq b \quad (24)$$

其中,  $\pi_{Gd}^C$  为消费者剩余,  $\pi_{Gd}^E$  为企业的利润,  $\pi_{Gd}^F$  为农户联合体的收益,  $s_{Gd}q_{Gd}$  为补贴成本,  $b$  为中央政府的补贴预算, 求解上述三个数学规划, 可得政府、农户联合体和企业的均衡决策, 见引理5.

**引理 5** 当中央政府实施补贴决策时, 面向企业的补贴策略下, 企业、农户联合体和政府的均衡决策如下:

| 条件                                                                    | 企业的流转数量决策 $q_{Gd}^*$       | 农户联合体的单位流转价格决策 $w_{Gd}^*$ | 中央政府的单位补贴金额决策 $s_{Gd}^*$   |
|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| $y < \frac{(D-c)\mu}{2(1-\theta)}$                                    |                            |                           |                            |
| $b < \frac{3(D-c)^2}{a}$                                              | $\frac{D-c+h_1}{8\mu a}$   | $\frac{(D-c+h_1)\mu}{4}$  | $\frac{[h_1-(D-c)]\mu}{2}$ |
| $b \geq \frac{3(D-c)^2}{a}$                                           | $\frac{D-c}{a\mu}$         | $2(D-c)\mu$               | $3(D-c)\mu$                |
| $\frac{(D-c)\mu}{2(1-\theta)} \leq y \leq \frac{2(D-c)\mu}{1-\theta}$ |                            |                           |                            |
| $b < \frac{y(1-\theta)h_5}{2\mu^2 a}$                                 | $\frac{h_2-h_3}{4\mu^2 a}$ | $(1-\theta)y$             | $\frac{h_2+h_3}{2}$        |
| $\frac{y(1-\theta)h_5}{2\mu} \leq b < \frac{3(D-c)^2}{a}$             | $\frac{D-c+h_1}{8\mu a}$   | $\frac{(D-c+h_1)\mu}{4}$  | $\frac{[h_1-(D-c)]\mu}{2}$ |
| $b \geq \frac{3(D-c)^2}{a}$                                           | $\frac{D-c}{a\mu}$         | $2(D-c)\mu$               | $3(D-c)\mu$                |
| $y > \frac{2(D-c)\mu}{1-\theta}$                                      |                            |                           |                            |
| $b < \frac{(D-c)h_4}{\mu a}$                                          | $\frac{h_2-h_3}{4\mu^2 a}$ | $(1-\theta)y$             | $\frac{h_2+h_3}{2}$        |
| $b \geq \frac{(D-c)h_4}{\mu a}$                                       | $\frac{D-c}{a\mu}$         | $(1-\theta)y$             | $h_4$                      |

注:  $h_1 = \sqrt{16ab + (D-c)^2}$ ,  $h_2 = \sqrt{8ab\mu^2 + [\mu(D-c) - (1-\theta)y]^2}$ ,  $h_3 = (1-\theta)y - (D-c)\mu$ ,  $h_4 = (1-\theta)y + (D-c)\mu$ ,  $h_5 = 2(1-\theta)y - (D-c)\mu$ .

通过引理4和引理5可以发现, 中央政府实施补贴决策时, 若补贴预算较小 (即  $b \leq b_3$ ), 则两种补贴策略下补贴总金额都等于补贴预算 (即  $s_{Gu}^* q_{Gu}^* = b$ ,  $s_{Gd}^* q_{Gd}^* = b$ ), 即中央政府会将全部的补贴预算用完; 若补贴预算较大 (即  $b > b_3$ ), 则两种补贴策略下补贴总金额都小于补贴预算 (即  $s_{Gu}^* q_{Gu}^* < b$ ,  $s_{Gd}^* q_{Gd}^* < b$ ), 即中央政府不会用完全部的补贴预算, 其中

$$b_3 = \begin{cases} \frac{3(D-c)^2}{a}, & y \leq \frac{2(D-c)\mu}{1-\theta} \\ \frac{(D-c)[y(1-\theta) + (D-c)\mu]}{\mu a}, & y > \frac{2(D-c)\mu}{1-\theta} \end{cases}$$

这是因为, 当补贴预算较小, 政府可以用较低的补贴成本提高社会福利, 故政府会将全部补贴发放给农户或企业; 当补贴预算较大, 中央政府为避免补贴金额浪费, 不会将全部的补贴预算发放给企业或农户.

#### 4.3 不同补贴策略之间的比较分析

**命题 5** 若中央政府采取面向企业的补贴策略, 则农地的单位流转价格总是正的 (即  $w_{Gd}^* > 0$ ). 若中央政府采取面向农户的补贴策略, 则农地的单位流转价格可能为正也可能为负, 具体而言, 存在一个间值  $b_4$  使补贴预算小于该阈值 (即  $b \leq b_4$ ) 时, 单位流转价格大于等于零 ( $w_{Gu}^* \geq 0$ ); 反之 (即  $b > b_4$ ), 单位流转价格小于零 ( $w_{Gu}^* < 0$ ), 其中间值  $b_4$  满足

$$b_4 = \begin{cases} \frac{(D-c)^2}{2a}, & y \leq \frac{(D-c)\mu}{1-\theta} \\ \frac{y(D-c)(1-\theta)}{2a\mu}, & y > \frac{(D-c)\mu}{1-\theta} \end{cases}$$

图6直观地展示了命题5的部分结论. 图6和命题5表明, 在中央政府采取面向农户的补贴策略下, 当补贴预算较大时 (即  $b > b_4$ , 对应图6中阴影部分), 农户会以负价格将农地流转给企业, 即存在“骗补”均衡; 而其他情况下, 不存在“骗补”均衡. 而中央政府采取面向企业的补贴策略下, 不会出现这样的均衡. 命题5与图6背后的原因与命题1、命题2类似, 故不再赘述.

**命题 6** 无论中央政府采取面向农户的补贴策略还是面向企业的补贴策略, 两种策略下的土地流转数量、单位补贴金额、企业的利润、农户联合体的收益、消费者剩余和社会福利都是相同的, 即  $q_{Gu}^* = q_{Gd}^*$ ,  $s_{Gu}^* = s_{Gd}^*$ ,  $\pi_{Gu}^{E*} = \pi_{Gd}^{E*}$ ,  $\pi_{Gu}^{F*} = \pi_{Gd}^{F*}$ ,  $\pi_{Gu}^{C*} = \pi_{Gd}^{C*}$  和  $\pi_{Gu}^{H*} = \pi_{Gd}^{H*}$ .

命题6背后的原因与命题3类似, 故此处不再赘述.

无论是中央政府还是地方政府实施补贴决策, 零补贴策略下的各方决策和利润是一样的 (详见引理3), 因此通过比较中央政府补贴模式下的零补贴策略、面向农户的补贴策略、面向企业的补贴策略, 可得命题7.

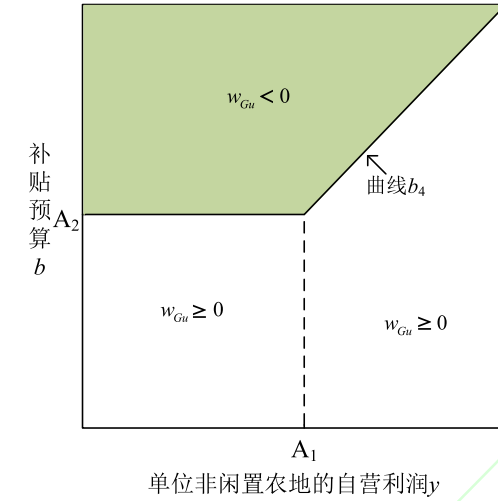


图6 中央政府决策下的“骗补”均衡范围

**命题7** 无论中央政府采取面向农户的补贴策略还是面向企业的补贴策略, 社会福利均优于零补贴策略下的社会福利, 即  $\pi_{Gu}^{H*} > \pi_z^{H*}$  且  $\pi_{Gd}^{H*} > \pi_z^{H*}$ .

尽管面向农户的补贴策略下存在“骗补”均衡, 但命题7出人意料地表明: 与零补贴策略相比, 中央政府实施的补贴决策总是可以提高社会福利. 这是因为, “骗补”行为虽然套取了国家补贴, 但促进了农地流转, 提升了社会效率; 而且中央政府决策时社会进行全盘考虑, 故社会效率提升带来的收益会大于补贴成本, 即“骗补”均衡的存在并不妨碍社会福利的提升. 命题7的管理启示是: 尽管中央政府实施面向农户的补贴策略存在“骗补”均衡, 但政府依然需要坚持补贴. 在运作实践中, 除了农地流转以外, 我国其他行业也存在类似的现象. 比如, 过去的几年内, 新能源汽车、光伏发电等行业“骗补”现象非常普遍, 但正是补贴政策的支持, 让我国在上述行业迅速达到了世界顶尖水平<sup>[36-38]</sup>.

命题4与命题7表明, 基于社会福利的视角, 中央政府决策模式下存在补贴的策略优于零补贴策略 ( $\pi_{Gu}^{H*} = \pi_{Gd}^{H*} > \pi_z^{H*}$ ), 而地方政府决策模式下存在补贴的策略却不一定优于零补贴策略. 背后的原因如下, 地方政府决策时, 不会考虑补贴成本, 只考虑如何增加地方性社会福利 (即农合联合体与企业的利润总和), 因此总是将所有补贴预算全用完, 这可能导致补贴资源浪费与社会福利的损失.

## 5 不同补贴决策模式的比较

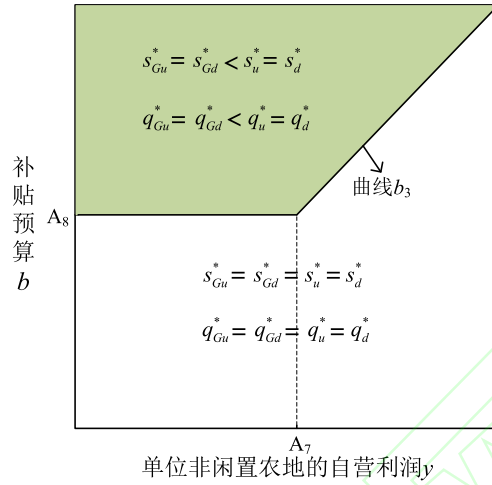
将两种决策模式 (即地方政府和中央政府实施补贴决策模式) 下各方决策、利润、消费者剩余和社会福利进行比较, 可得命题8、9、10、11.

**命题8** 与地方政府决策模式相比, 存在一个阈值  $b_3$  使补贴预算小于该阈值 (即  $b \leq b_3$ ) 时, 中央政府决策模式下的单位补贴金额和农地流转数量不变 ( $s_{Gu}^* = s_{Gd}^* = s_u^* = s_d^*$  且  $q_{Gu}^* = q_{Gd}^* = q_u^* = q_d^*$ ); 反之 (即  $b > b_3$ ), 中央政府决策模式下的单位补贴金额和农地流转数量降低 ( $s_{Gu}^* = s_{Gd}^* < s_u^* = s_d^*$  和  $q_{Gu}^* = q_{Gd}^* < q_u^* = q_d^*$ ), 其中阈值  $b_3$  满足

$$b_3 = \begin{cases} \frac{3(D-c)^2}{a}, & y \leq \frac{2(D-c)\mu}{1-\theta} \\ \frac{(D-c)[y(1-\theta)+(D-c)\mu]}{\mu a}, & y > \frac{2(D-c)\mu}{1-\theta} \end{cases}$$

图7直观地展示了命题8的结论. 命题8背后的原因如下: 当补贴预算较小 (即  $b \leq b_3$ , 对应图7中空白区域), 此时无论是地方政府还是中央政府都会将全部的补贴预算发放出去, 以促进农地流转, 故两种决策模式下单位补贴金额和农地流转数量相同; 而当补贴预算较大 (即  $b > b_3$ , 对应图7中阴影区域), 由于地方政府决策时不考虑补贴成本, 依然会将全部补贴预算发放出去, 而中央政府在决策时, 考虑到补

贴金额浪费的情况, 故不会发放全部补贴, 因此中央政府决策下的单位补贴金额小于地方政府决策下的单位补贴金额, 这使得中央政府决策下的农地流转数量也小于地方政府决策下的相应值。

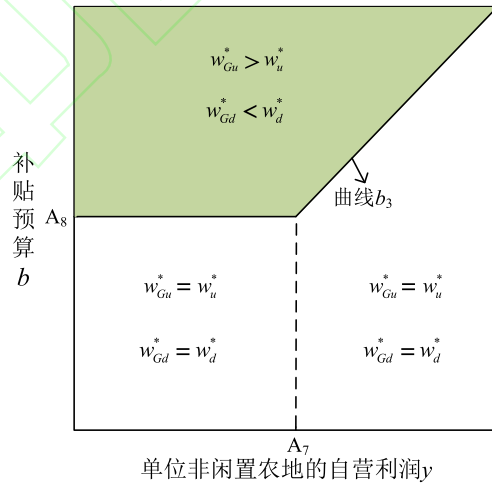


(注:  $A_7 = 2(D-c)\mu/(1-\theta)$ ,  $A_8 = 3(D-c)^2/a$ )

图 7 两种决策模式下企业与政府的均衡决策比较

**命题 9** 与地方政府决策相比, 存在一个阈值  $b_3$  使补贴预算小于该阈值 (即  $b \leq b_3$ ) 时, 中央政府决策下单位农地的流转价格不变 ( $w_{Gu}^* = w_u^*$ ,  $w_{Gd}^* = w_d^*$ ); 反之 (即  $b > b_3$ ), 中央政府决策会导致面向农户补贴策略下农地的单位流转价格提升 ( $w_{Gu}^* > w_u^*$ ), 面向企业补贴策略下农地的单位流转价格降低 ( $w_{Gd}^* < w_d^*$ ), 其中阈值  $b_3$  满足

$$b_3 = \begin{cases} \frac{3(D-c)^2}{a}, & y \leq \frac{2(D-c)\mu}{1-\theta} \\ \frac{(D-c)[y(1-\theta)+(D-c)\mu]}{\mu a}, & y > \frac{2(D-c)\mu}{1-\theta} \end{cases}$$



(注:  $A_7 = 2(D-c)\mu/(1-\theta)$ ,  $A_8 = 3(D-c)^2/a$ )

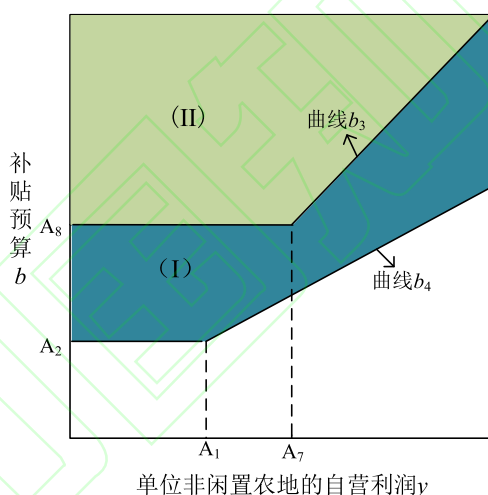
图 8 两种决策模式下农户联合体的单位流转价格比较

图8直观地展示了命题9的结论. 命题9背后的原因如下: 当补贴预算较小 (即  $b \leq b_3$ , 对应图8中空白区域), 如前所述, 中央政府和地方政府发放的补贴是一致的, 故单位农地的流转价格也相同; 当补贴预算较大 (即  $b > b_3$ , 对应图8中阴影区域), 在面向农户的补贴策略下, 由于中央政府决策下农户联合体获得的补贴较低, 于是农户联合会提高单位流转价格 (即  $w_{Gu}^* > w_u^*$ ); 在面向企业的补贴策略下, 由于

中央政府决策下企业获得的补贴较低, 农户联合体得知企业的补贴收入减少, 也会跟着降低单位流转价格 (即  $w_{Gd}^* < w_d^*$ ).

**命题 10** 面向农户的补贴策略下, 中央政府决策与地方政府决策时“骗补”均衡存在的条件相同, 即  $b_2 = b_4$ .

通过命题9可知, 中央政府决策下的单位农地流转价格总是大于等于地方政府决策下的相应值 (即  $w_{Gu}^* \geq w_u^*$ ), 因此直觉上很容易认为, 中央政府决策下的“骗补”均衡范围会缩小, 但命题10却给出了意料之外的结论: 无论是中央政府决策还是地方政府决策, “骗补”均衡的范围不变. 为了更好地解释命题10的结论, 本文通过图6与图8得到了图9, 图9中区域 (I) 表示“骗补”均衡存在且中央政府与地方政府决策下农户联合体的单位流转价格相同 (即  $w_{Gu}^* = w_u^* < 0$ ) 的区间; 区域 (II) 表示“骗补”均衡存在且中央政府决策下农户联合体的单位流转价格大于地方政府决策下农户联合体的单位流转价格 (即  $w_u^* < w_{Gu}^* < 0$ ) 的区间. 通过图9可以看出, 中央政府与地方政府决策下农地流转价格存在差异的范围只是“骗补”均衡范围的子集, 即在向农户补贴时, 中央政府决策下的农地流转价格虽然可以提高, 但不会缩减“骗补”均衡的范围. 具体而言, 在面向农户的补贴策略下, 区域 (I) 内中央政府与地方政府决策下的单位流转价格相同, 因此都会出现“骗补”均衡; 区域 (II) 内中央政府决策下农户联合体的单位流转价格大于地方政府决策下的单位流转价格, 但此时由于补贴预算较大, 单位补贴超过了农户的自营收益, 因此农户依然会选择“骗补”, 只是倒贴的金额会有所降低.



(注:  $A_1 = (D - c)\mu/(1 - \theta)$ ,  $A_2 = (D - c)^2/2a$ ,  $A_7 = 2(D - c)\mu/(1 - \theta)$ ,  $A_8 = 3(D - c)^2/a$ )

图 9 中央政府与地方政府决策差异范围与“骗补”均衡范围的比较

**命题 11** 与地方实施补贴决策相比, 中央政府实施补贴决策下农户联体收益、企业利润和消费者剩余都更低 ( $\pi_{Gu}^{E*} = \pi_{Gd}^{E*} \leq \pi_u^{E*} = \pi_d^{E*}$ ,  $\pi_{Gu}^{F*} = \pi_{Gd}^{F*} \leq \pi_u^{F*} = \pi_d^{F*}$ ,  $\pi_{Gu}^{C*} = \pi_{Gd}^{C*} \leq \pi_u^{C*} = \pi_d^{C*}$ ), 但社会福利却更高 ( $\pi_{Gu}^{H*} = \pi_{Gd}^{H*} \geq \pi_u^{H*} = \pi_d^{H*}$ ).

命题11背后的原因如下: 由命题8可知, 与地方政府实施补贴决策相比, 中央政府决策模式降低了单位补贴金额和农地流转数量, 因此农户联合体收益、企业利润和消费者剩余都降低; 而且, 中央政府决策时会对企业利润、农户联合体的收益、消费者剩余和补贴成本进行综合考虑, 不会造成补贴资源的浪费, 因此社会福利更高. 命题11的管理启示是: 农户和企业更希望地方政府实施补贴决策, 而从社会福利的角度来看, 中央政府实施补贴决策更好.

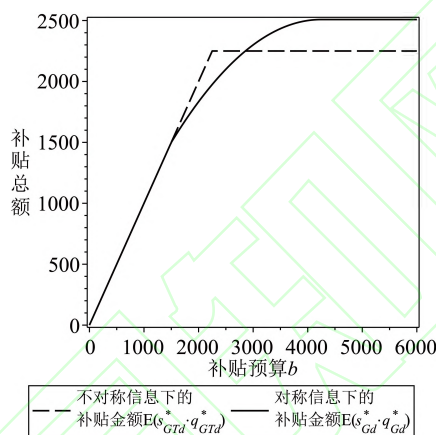
## 6 扩展

本章将中央政府实施补贴的决策模型扩展到考虑不对称信息和粮食安全的情形, 而地方政府实施补贴的决策模型不变, 具体详见 6.1 节和 6.2 节.

### 6.1 考虑不对称信息的补贴决策分析

本节将模型扩展到地方和中央之间存在不对称信息的情形. 在农地流转的过程中, 由于中央政府难以完全了解到当地的社会环境和市场条件<sup>[8]</sup>, 因此设农地闲置率是地方的私有信息, 即地方政府、企业和农户知道  $\theta_T$  的具体值, 而中央政府不知道  $\theta_T$  的具体值, 只知道  $\theta_T$  的分布. 不妨设该分布为  $[\delta, 1]$  上的均匀分布<sup>[30]</sup>, 且  $0 < \delta < 1$ . 中央政府实施补贴时各成员的决策问题与均衡解详见附录 B(地方政府实施补贴时的决策分析与第 3 节相同).

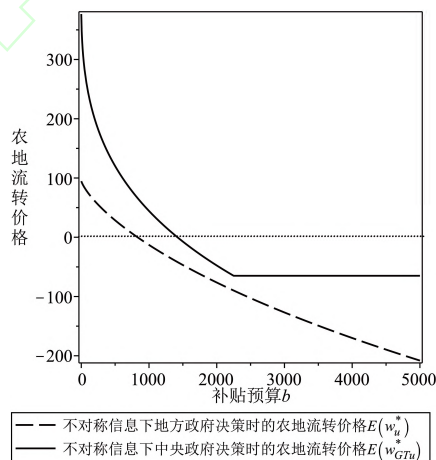
在中央政府面向企业补贴策略下, 采用数值分析比较不对称信息和对称信息下中央政府花费的补贴总金额, 结果如图10所示. 结果表明, 在中央实施补贴决策的情况下, 当补贴预算较大时, 信息对称下的补贴总金额较高 (即  $E(s_{Gd}^* q_{Gd}^*) > E(s_{GTd}^* q_{GTd}^*)$ ); 反之, 不对称信息下的补贴总金额较高 (即  $E(s_{Gd}^* q_{Gd}^*) \leq E(s_{GTd}^* q_{GTd}^*)$ ). 这意味着若补贴预算较小, 企业会通过信息优势, 套取中央政府的补贴 (即不对称信息的引入使企业也出现“骗补”行为).



(注: 参数取值为  $D = 50$ ,  $c = 40$ ,  $y = 1500$ ,  $\delta = 0.5$ ,  $a = 0.2$ ,  $\mu = 10$ )

图 10 不对称信息和对称信息下中央政府补贴金额的比较

在面向农户补贴策略下, 采用数值分析比较不对称信息下中央政府和地方政府决策时的农地流转价格, 如图11所示. 结果表明, 在面向农户补贴策略下, 不对称信息的引入使得“骗补”均衡存在的条件更紧缩, 这意味着不对称信息的引入可以降低农户“骗补”均衡出现的可能性.



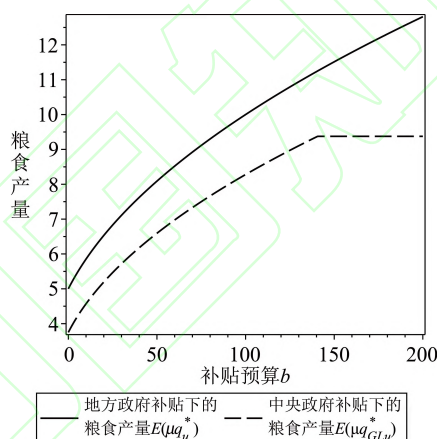
(注: 参数取值为  $D = 50$ ,  $c = 40$ ,  $y = 1500$ ,  $\delta = 0.5$ ,  $a = 0.2$ ,  $\mu = 10$ )

图 11 考虑不对称信息时不同补贴模式下农地流转价格的比较

## 6.2 考虑粮食安全的补贴决策分析

本节考虑中央政府以国家粮食安全为动机进行补贴的情形. 在该情景下, 中央政府的决策问题是粮食安全效用的最大化 (例如 2019 年, 国务院发布的《中国的粮食安全》白皮书指出, 通过土地流转型经营, 提高粮食生产能力, 确保国家粮食安全<sup>[39]</sup>), 而地方政府的决策问题仍然是如何最大化地方性社会福利. 保障粮食安全的重要措施是粮食产量的提升, 因此设每单位粮食带来的安全效用为  $\alpha$ , 且  $\alpha > 0$ . 受天气、病虫害等因素的影响, 单位农地的产出  $\mu$  具有随机性<sup>[27]</sup>, 不妨设随机产出  $\mu$  服从  $[0, n]$  上的均匀分布<sup>[40]</sup>, 且  $n > 0$ . 参考 Berenguer 等<sup>[41]</sup> 的设置, 粮食安全情景下中央政府虽然不追求社会福利的最大化, 但仍有整体效益上“生存”的要求 (即长期整体的收支平衡和短期有限次低于收支平衡的情况). 因此要求粮食安全动机下, 中央政府实施补贴时, 长期的社会福利为正且短期有限次社会福利为负. 中央政府实施补贴时各成员的决策问题与均衡解详见附录 C (地方政府实施补贴时的决策分析与第 3 节相同).

采用数值分析比较地方政府实施补贴决策下的粮食产量和中央政府实施补贴决策下的粮食产量, 如图12所示. 结果表明, 出人意料的是, 地方政府实施补贴决策下的粮食产量高于中央政府实施补贴决策下的产量 (即  $E(\mu q_u^*) \geq E(\mu q_{GLu}^*)$ ,  $E(\mu q_d^*) \geq E(\mu q_{GLd}^*)$ ). 这是因为地方政府决策时不考虑补贴成本, 会将全部补贴预算发放出去, 而中央政府在决策时, 考虑到补贴金额浪费的情况, 故不会发放全部补贴, 因此地方政府决策下的粮食产量大于中央政府决策下的粮食产量. 这意味着如果要想提高粮食产量, 确保国家粮食安全, 补贴决策应由地方政府实施.



(注: 参数取值为  $D = 50$ ,  $c = 40$ ,  $y = 80$ ,  $a = 0.5$ ,  $n = 20$ ,  $\theta = 0.5$ ,  $\alpha = 40$ ,  $\beta = 0.7$ )

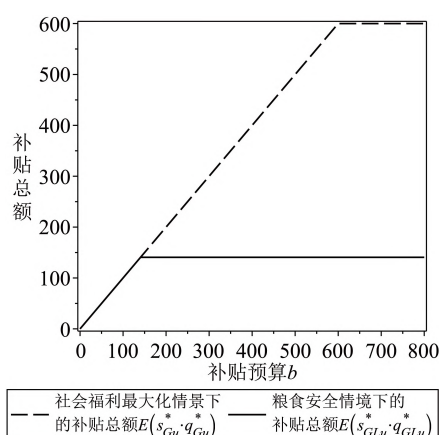
图 12 考虑粮食安全时不同补贴模式下粮食产量的比较

采用数值分析比较“考虑粮食安全情形下的补贴总额”和“社会福利最大化情景下的补贴总额 (即第 4 节的补贴总额)”, 如图13所示. 结果表明, 与社会福利最大化情景下的补贴总额相比, 粮食安全情景下花费的补贴金额更低 (即  $E(s_{Gu}^* q_{Gu}^*) \geq E(s_{GLu}^* q_{GLu}^*)$ ,  $E(s_{Gd}^* q_{Gd}^*) \geq E(s_{GLd}^* q_{GLd}^*)$ ). 这是因为, 粮食安全动机下, 政府只需要通过补贴促进农地流转面积的提高, 而社会福利最大化动机下, 政府需要花费更多的成本促进企业利润、农户联合体收益和消费者剩余的提高, 因此, 粮食安全动机下的补贴成本更低.

## 7 结论

本文研究了政府向农户或企业实施补贴时的农地流转问题, 构建了由政府、农户联合体和企业组成的供应链模型, 其中农户联合体将具有一定闲置率的土地流转给企业, 企业将土地用来规模化生产某种农产品并投放到市场; 同时, 为了促进农业规模化发展, 地方政府或中央政府可以向企业或农户进行补贴, 其中政府的补贴存在预算约束. 本文求解了不同补贴策略下供应链成员的均衡决策, 并对不同的补贴策略做了对比.

研究发现, 当地方政府实施补贴决策时, 在面向农户的补贴策略下, 若补贴预算较大且农地自营收



(注: 参数取值为  $D = 50, c = 40, y = 80, a = 0.5, n = 20, \theta = 0.5, \alpha = 40, \beta = 0.7$ )

图 13 粮食安全情景与社会福利最大化情景下补贴总额的比较

益较小, 则农户联合会以负价格流转土地 (即存在“骗补”均衡); 而面向企业的补贴策略下, 农户联合体的单位流转价格总是正的 (即不存在“骗补”均衡). 尽管如此, 本文却发现了一个有趣的收益等价定理: 面向农户的补贴策略与面向企业的补贴策略下, 地方政府的单位补贴金额、农户联合体的收益、企业的利润、消费者剩余和社会福利都相同. 与零补贴策略相比, 若补贴预算较小, 地方政府的补贴策略会提高社会福利; 若补贴预算较大, 地方政府的补贴策略反而会降低社会福利. 这是因为, 地方政府总是倾向于将补贴预算全部用完, 于是当补贴预算较大时, 地方政府的补贴策略虽然可以提高农户联合体的收益、企业的利润和消费者剩余, 但三者增加的效益无法弥补较高的补贴成本. 此外, 本文还发现, 在面向农户的补贴策略下, 当补贴预算适中时, 虽然“骗补”均衡存在, 但地方政府的补贴依然可以提高社会福利. 这是因为, “骗补”行为尽管套取了国家补贴, 却可以提升农地流转数量, 促进农业的规模化经营并缓解土地闲置, 从而提升社会效率; 当社会效率提升带来的好处大于补贴资源的损失时, “骗补”均衡的存在并不妨碍社会福利的提升.

当中央政府实施补贴决策时, 收益等价定理同样存在, 且在面向农户的补贴策略下, 同样存在“骗补”均衡. 与地方政府决策相比, 中央政府决策会导致面向企业的补贴策略下农地流转价格不变或降低, 同时导致面向农户的补贴策略下农地流转价格不变或提升. 但出人意料的是, 在面向农户的补贴策略下, 中央政府与地方政府决策时存在“骗补”均衡的区间完全相同. 这是因为, 中央政府与地方政府决策下农地流转价格存在差异的区间只是“骗补”均衡区间的子集. 此外, 与地方政府决策相比, 虽然中央政府决策下农地流转数量、政府的单位补贴金额、农户联合体的收益、企业的利润、消费者剩余均会降低, 但社会福利却会提高.

## 参考文献

- [1] 冯晓玉. 土地得增产、村民得实惠, 卫辉市土地流转“转”出致富路 [EB/OL]. [2022-06-13].  
<https://www.hntv.tv/dxxx/article/1/1536241471743430658>.  
 Feng X Y. The increase in land production and the benefits for villagers have led to the transformation of land circulation in Weihui City towards prosperity[EB/OL]. [2022-06-13].  
<https://www.hntv.tv/dxxx/article/1/1536241471743430658>.
- [2] 农业农村部农村经济合作指导司. 培育适度规模经营家庭农场夯实粮食大面积单产提升微观基础 [EB/OL]. [2024-02-29].  
[http://www.hzjjs.moa.gov.cn/xdnyjytx/202402/t20240229\\_6449332.htm](http://www.hzjjs.moa.gov.cn/xdnyjytx/202402/t20240229_6449332.htm).  
 Rural Economic Cooperation Guidance Department of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs. Cultivating Moderate Scale Family Farms to Consolidate Large Area Grain Yield and Improve Micro Foundation[EB/OL]. [2024-02-29].  
[http://www.hzjjs.moa.gov.cn/xdnyjytx/202402/t20240229\\_6449332.htm](http://www.hzjjs.moa.gov.cn/xdnyjytx/202402/t20240229_6449332.htm).

- [3] 土流网. 2017 年义乌市现代农业发展奖补政策 (含土地流转补贴) [EB/OL]. [2017-03-26].  
<https://www.tuliu.com/read-52971.html>.  
Earth flow net. 2017 Yiwu Modern Agriculture Development Award and Subsidy Policy (including land transfer subsidies) [EB/OL]. [2017-03-26].  
<https://www.tuliu.com/read-52971.html>.
- [4] 江苏省财政厅, 江苏省农林厅. 江苏省农村土地流转发展态势及扶持政策 [EB/OL]. [2008-04-14].  
<https://sqcz.suqian.gov.cn/sczj/file/tzgg/201905/7720434d987942b59878eaf6198a680f/files/e707ba2b38ce41e9b3eb38a9e1e3db4e.pdf>  
Jiangsu Provincial Department of Finance, Jiangsu Provincial Department of Agriculture and Forestry. The Development Trend and Supporting Policies of Rural Land Transfer in Jiangsu Province[EB/OL]. [2008-04-14].  
<https://sqcz.suqian.gov.cn/sczj/file/tzgg/201905/7720434d987942b59878eaf6198a680f/files/e707ba2b38ce41e9b3eb38a9e1e3db4e.pdf>
- [5] 文小才. 促进农地流转的地方政府财政政策研究——以河南省为例 [J]. 财政研究, 2014(04): 58–61.
- [6] 百度网. 国家启动“两个行动”, 全面夯实粮食安全, 土地经营流转或成重点 [EB/OL]. [2023-07-08].  
<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1770858634441638958&wfr=spider&for=pc>.  
Baidu. The country has launched “two actions” to comprehensively consolidate food security, and land management transfer may become a key focus[EB/OL]. [2023-07-08].  
<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1770858634441638958&wfr=spider&for=pc>.
- [7] 黄州区人民政府. 黄州区: 政策加持土地流转产业赋能乡村振兴 [EB/OL]. [2023-12-07].  
<http://www.huangzhou.gov.cn/zwxw/jrhz/11753231.html>.  
Huangzhou District People's Government. Huangzhou District: Policy support for land transfer industry empowers rural revitalization[EB/OL]. [2023-12-07].  
<http://www.huangzhou.gov.cn/zwxw/jrhz/11753231.html>.
- [8] 张悦, 刘文勇. 农地流转中的政府和市场要素研究 [J]. 中国延安干部学院学报, 2016, 9(02): 132–136.  
Zhang Y, Liu W Y. On Government and Market Factors in Agricultural Land Transfer[J]. Journal of China Executive Leadership Academy Yan'an, 2016, 9(02): 132–136.
- [9] 搜狐网. 农业补贴该给谁, 土地流转还有哪些亟待捋清的问题 [EB/OL]. [2019-02-11].  
[https://www.sohu.com/a/294091363\\_120095483](https://www.sohu.com/a/294091363_120095483).  
Sohu. Who should receive agricultural subsidies and what other urgent issues need to be clarified regarding land transfer[EB/OL]. [2019-02-11].  
[https://www.sohu.com/a/294091363\\_120095483](https://www.sohu.com/a/294091363_120095483).
- [10] 尚旭东. 行政推动农地流转的弊端及对策 [J]. 山西农经, 2015, (01): 12.
- [11] Jiang M, Paudel K P, Mi Y. Factors affecting agricultural land transfer-in in China: a semiparametric analysis[J]. Applied Economics Letters, 2018, 25(21): 1547–1551.
- [12] Zhang Y, Halder P, Zhang X, et al. Analyzing the deviation between farmers' Land transfer intention and behavior in China's impoverished mountainous Area: A Logistic-ISM model approach[J]. Land Use Policy, 2020, 94: 1–10.
- [13] Wang J, Xin L, Wang Y. How farmers' non-agricultural employment affects rural land circulation in China?[J]. Journal of Geographical Sciences, 2020, 30(3): 378–400.
- [14] 杨子砚, 文峰. 从务工到创业——农地流转与农村劳动力转移形式升级 [J]. 管理世界, 2020, 36(07): 171–185.  
Yang Z Y, Wen F. From Employees to Entrepreneurs: Rural Land Rental Market and the Upgrade of Rural Labor Allocation in Non-Agricultural Sectors[J]. Journal of Management World, 2020, 36(07): 171–185.
- [15] Wang W, Gong J, Wang Y, et al. Exploring the effects of rural site conditions and household livelihood capitals on agricultural land transfers in China[J]. Land Use Policy, 2021, 108: 1–14.
- [16] 李江一, 秦范. 如何破解农地流转的需求困境?——以发展新型农业经营主体为例 [J]. 管理世界, 2022, 38(02): 84–99+6.  
Li J Y, Qin F. How to Overcome the Demand Dilemma of Farmland Transfer in China? Evidence from the Development of New Agricultural Operators[J]. Journal of Management World, 2022, 38(02): 84–99+6.
- [17] 钱忠好, 冀县卿. 中国农地流转现状及其政策改进——基于江苏、广西、湖北、黑龙江四省 (区) 调查数据的分析 [J]. 管理世界, 2016(02): 71–81.
- [18] 吴明朗, 李雪松, 甄广雯. 数字禀赋、农地流转权能与农民收入福利 [J]. 管理评论, 2022, 34(10): 291–303.

- Wu M L, Li X S, Zhen G W. Digital Endowment, Farmland Transfer Rights and Farmers' Income and Welfare[J]. *Management Review*, 2022, 34(10): 291–303.
- [19] Kijima Y, Tabetando R. Efficiency and equity of rural land markets and the impact on income: Evidence in Kenya and Uganda from 2003 to 2015[J]. *Land Use Policy*, 2020, 91: 1–13.
- [20] Constantin C, Luminița C, Vasile A J. Land grabbing: A review of extent and possible consequences in Romania[J]. *Land use policy*, 2017, 62: 143–150.
- [21] Wang W, Luo X, Zhang C, et al. Can land transfer alleviate the poverty of the elderly? Evidence from rural China[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2021, 18(21): 1–15.
- [22] Lin W, Chen R. The capitalization effect and its consequence of agricultural support policies—based on the evidence of 800 villages in china[J]. *Sustainability*, 2021, 13(14): 1–14.
- [23] Sha Z, Ren D, Li C, et al. Agricultural subsidies on common prosperity: Evidence from the Chinese social survey[J]. *International Review of Economics & Finance*, 2024, 91: 1–18.
- [24] Tian Q, Holland J H, Brown D G. Social and economic impacts of subsidy policies on rural development in the Poyang Lake Region, China: Insights from an agent-based model[J]. *Agricultural Systems*, 2016, 148: 12–27.
- [25] Wang W, Wang Y, Shen Y, et al. The role of multi-category subsidies in cultivated land transfer decision-making of rural households in China: Synergy or trade-off?[J]. *Applied Geography*, 2023, 160: 1–12.
- [26] 谢荣见, 贾玉财, 穆肖悦, 等. 农地流转三方利益主体决策行为分析 [J]. *中国管理科学*, 2024, 32(11):37–52.  
Xie R J, Jia Y C, Mu X Y, et al. Analysis of Decision-Making Behavior of Tripartite Stakeholders in the Farmland Transfer[J]. *Chinese Journal of Management Science*, 2024, 32(11): 37–52.
- [27] 王俊斌, 张立冬. 订单农业供应链的区块链溯源技术引入策略研究 [J]. *系统工程理论与实践*, 2024, 44(02):612–628.  
Wang J B, Zhang L D. Blockchain traceability technology introduction strategy in the contract-farming supply chain[J]. *Systems Engineering —Theory & Practice*, 2024, 44(2): 612–624.
- [28] 雷婷, 但斌, 刘墨林, 等. 考虑政府补贴的生鲜批发市场应急代储策略 [J]. *系统工程理论与实践*, 2023, 43(02): 455–468.  
Lei T, Dan B, Liu M L, et al. Agent reserve strategy in a fresh produce wholesale market with the government subsidy under emergencies[J]. *Systems Engineering —Theory & Practice*, 2023, 43(2): 455–468.
- [29] 网易. 农村田地空置现象越来越严重, 农民不种地想干啥! 需严厉打击![EB/OL]. [2023-05-01].  
<https://www.163.com/dy/article/I3LKHH5Q0532B33T.html>.  
NetEase. The phenomenon of vacant farmland in rural areas is becoming increasingly serious. What do farmers want to do if they don't farm! We need to crack down severely! [EB/OL]. [2023-05-01].  
<https://www.163.com/dy/article/I3LKHH5Q0532B33T.html>.
- [30] 顾波军, 钟小婷, 付雨芳. 农地流转: 固定收益模式 vs. 共享收益模式 [J]. *运筹与管理*, 2023, 32(09): 157–164.  
Gu B J, Zhong X T, Fu Y F. Farmland Transfer: Fixed Revenue Mode vs. Revenue Sharing Mode[J]. *Operations Research and Management Science*, 2023, 32(09): 157–164.
- [31] 曾能民, 曾冬玲, 任廷海. 考虑供应风险的竞合供应链决策研究 [J]. *管理科学学报*, 2023, 26(04): 175–192.  
Zeng N M, Zeng D L, Ren T H. Equilibrium decision for co-opetition supply chains with supply risk[J]. *Journal of Management Science*, 2023, 26(04): 175–192.
- [32] Fang Y, Shou B. Managing supply uncertainty under supply chain Cournot competition[J]. *European Journal of Operational Research*, 2015, 243(1): 156–176.
- [33] 谢楠, 何海涛, 周艳菊, 等. 乡村振兴背景下基于中央政府项目补贴分析的供应链金融决策研究 [J]. *中国管理科学*, 2024, 32(08):214–229.  
Xie N, He H T, Zhou Y J, et al. Research on Supply Chain Financial Decision Based on the Analysis of Central Government Project Subsidy under the Background of Rural Revitalization Subsidy[J]. *Chinese Journal of Management Science*, 2024, 32(08): 214–229.
- [34] 中华人民共和国财政部. 关于收回财政存量资金预算会计处理问题的通知 [EB/OL]. [2015-06-02].  
[https://yss.mof.gov.cn/zhengceguizhang/201506/t20150601\\_1248261.htm](https://yss.mof.gov.cn/zhengceguizhang/201506/t20150601_1248261.htm).  
Ministry of Finance of the People's Republic of China. Notice on Accounting Treatment of Budget for Recovering Fiscal Stock Funds[EB/OL]. [2015-06-02].  
[https://yss.mof.gov.cn/zhengceguizhang/201506/t20150601\\_1248261.htm](https://yss.mof.gov.cn/zhengceguizhang/201506/t20150601_1248261.htm).
- [35] Gibbons R S. Game theory for applied economists[M]. Princeton University Press, 1992.
- [36] 新浪财经. 光伏行业“骗补”启示录 [EB/OL]. [2020-08-12].

- <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1674830426273472373>.  
Sina. Revelation of “Fraudulent Compensation” in the Photovoltaic Industry[EB/OL]. [2020-08-12].  
<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1674830426273472373>.
- [37] 宫超. 揭秘新能源汽车“骗补”模式 [EB/OL]. [2016-04-29].  
[https://mp.weixin.qq.com/s?\\_\\_biz=MjM5NzUzNjE2MA==&mid=2652107899&idx=2&sn=847114478ecbb01faf28822d21bfd490&chksm](https://mp.weixin.qq.com/s?__biz=MjM5NzUzNjE2MA==&mid=2652107899&idx=2&sn=847114478ecbb01faf28822d21bfd490&chksm).  
Gong C. Unveiling the “fraudulent subsidy” mode of new energy vehicles[EB/OL]. [2016-04-29].  
[https://mp.weixin.qq.com/s?\\_\\_biz=MjM5NzUzNjE2MA==&mid=2652107899&idx=2&sn=847114478ecbb01faf28822d21bfd490&chksm](https://mp.weixin.qq.com/s?__biz=MjM5NzUzNjE2MA==&mid=2652107899&idx=2&sn=847114478ecbb01faf28822d21bfd490&chksm).
- [38] 中国经营报. 利好因素叠加, 12 月自主品牌、新能源汽车销量有望持续攀高 [EB/OL]. [2022-12-10].  
<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1751770382097972047>.  
China Business News. Combined with favorable factors, sales of domestic brands and new energy vehicles are expected to continue to rise in December[EB/OL]. [2022-12-10].  
<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1751770382097972047>.
- [39] 中华人民共和国国务院新闻办公室. 中国的粮食安全 [EB/OL]. [2019-10-14].  
[https://www.gov.cn/zhengce/2019-10/14/content\\_5439410.htm](https://www.gov.cn/zhengce/2019-10/14/content_5439410.htm).  
State Council Information Office of the People's Republic of China. China's food security. [EB/OL]. [2019-10-14].  
[https://www.gov.cn/zhengce/2019-10/14/content\\_5439410.htm](https://www.gov.cn/zhengce/2019-10/14/content_5439410.htm).
- [40] 杨浩雄, 孙玮琪, 龚媛媛. 随机产出下的农产品供应链合同 [J]. 系统工程, 2021, 39(01):87-93.  
Yang H X, Sun Y Q, Gong Y Y. The Agricultural Supply Chain Contracts under Random Yield[J]. Systems Engineering, 2021, 39(01): 87-93.
- [41] Berenguer G, Feng Q, Shanthikumar J G, et al. The effects of subsidies on increasing consumption through for-profit and not-for-profit newsvendors[J]. Production and Operations Management, 2017, 26(6): 1191-1206.

## 附录

## A 附录

**引理1的证明** 对式 (1) 求关于  $q_u$  的二阶偏导可知,  $\pi_u^E$  为关于  $q_u$  的凹函数 (即  $\partial^2 \pi_u^E / \partial q_u^2 < 0$ ), 且一阶条件解为

$$q_u = \frac{(D-c)\mu - w_u}{2a\mu^2} \quad (\text{A1})$$

根据约束条件 (2) 式, 可得最大值点为:

$$q_u = \begin{cases} \frac{(D-c)\mu - w_u}{2a\mu^2}, & w_u \leq (D-c)\mu \\ 0, & w_u > (D-c)\mu \end{cases} \quad (\text{A2})$$

并将式 (A2) 代入到式 (3) 的目标函数中可得:

$$\pi_u^F = \begin{cases} (w_u + s_u) \frac{(D-c)\mu - w_u}{2a\mu^2}, & w_u \leq (D-c)\mu \\ 0, & w_u > (D-c)\mu \end{cases} \quad (\text{A3})$$

显然, 式 (A3) 为连续函数, 第一段为关于  $w_u$  的凹函数, 且一阶条件解为  $w_u = [(D-c)\mu - s_u]/2$ , 第二段为常数. 由此可知, 式 (A3) 的极大值点为  $w_u = [(D-c)\mu - s_u]/2$  (该极值点小于  $(D-c)\mu$ ). 根据约束条件 (4) 式, 可得:

$$w_u = \begin{cases} (1-\theta)y - s_u, & s_u < 2(1-\theta)y - (D-c)\mu \\ \frac{(D-c)\mu - s_u}{2}, & s_u \geq 2(1-\theta)y - (D-c)\mu \end{cases} \quad (\text{A4})$$

将式 (A4) 代入到式 (A2), 可得:

$$q_u = \begin{cases} 0, & s_u < (1-\theta)y - (D-c)\mu \\ \frac{(D-c)\mu - (1-\theta)y + s_u}{2\mu^2 a}, & (1-\theta)y - (D-c)\mu < s_u < 2(1-\theta)y - (D-c)\mu \\ \frac{(D-c)\mu + s_u}{4\mu^2 a}, & s_u \geq 2(1-\theta)y - (D-c)\mu \end{cases} \quad (\text{A5})$$

将式 (A4) 和式 (A5) 代入到式 (5) 中可得:

$$\pi_u^E + \pi_u^F = \begin{cases} 0, & s_u \leq (1-\theta)y - (D-c)\mu \\ \frac{[(D-c)\mu + s_u]^2 - (1-\theta)^2 y^2}{4a\mu^2}, & (1-\theta)y - (D-c)\mu < s_u \leq 2(1-\theta)y - (D-c)\mu \\ \frac{3[(D-c)\mu + s_u]^2}{16a\mu^2}, & s_u > 2(1-\theta)y - (D-c)\mu \end{cases} \quad (\text{A6})$$

显然, 式 (A6) 是连续的且是关于  $s_u$  的非减函数, 根据约束条件式 (6) 可知, 式 (A6) 在  $s_u = b/q_u$  处取得最大值, 根据式 (A5), 进行如下分类:

- (1) 当  $s_u \leq (1-\theta)y - (D-c)\mu$ ,  $q_u = 0$ , 此时  $\lim_{q_u \rightarrow 0} s_u = \infty$ , 不满足条件, 即无解.
- (2) 当  $(1-\theta)y - (D-c)\mu < s_u \leq 2(1-\theta)y - (D-c)\mu$  时,  $q_u = \frac{(D-c)\mu - (1-\theta)y + s_u}{2\mu^2 a}$ ,  $s_u = \frac{b}{q_u} = \frac{2\mu^2 ab}{(D-c)\mu - (1-\theta)y + s_u}$ , 解得:  $s_u = \frac{\sqrt{8ab\mu^2 + [\mu(D-c) - (1-\theta)y]^2} - [\mu(D-c) - (1-\theta)y]}{2}$ . 根据  $(1-\theta)y - (D-c)\mu < s_u \leq 2(1-\theta)y - (D-c)\mu$ , 解得约束条件  $y > \frac{[D-c + \sqrt{16ab + (D-c)^2}]\mu}{4(1-\theta)}$ .
- (3) 当  $s_u \geq 2(1-\theta)y - (D-c)\mu$  时,  $q_u = \frac{(D-c)\mu + s_u}{4\mu^2 a}$ ,  $s_u = \frac{b}{q_u} = \frac{4\mu^2 ab}{(D-c)\mu + s_u}$ , 解得:  $s_u = \frac{[\sqrt{16ab + (D-c)^2} - (D-c)]\mu}{2}$ . 根据  $s_u \geq 2(1-\theta)y - (D-c)\mu$ , 解得约束条件为  $y \leq \frac{[D-c + \sqrt{16ab + (D-c)^2}]\mu}{4(1-\theta)}$ .

综上所述:

- (1) 当  $y \leq \frac{[D-c + \sqrt{16ab + (D-c)^2}]\mu}{4(1-\theta)}$  时,  $s_u = \frac{[\sqrt{16ab + (D-c)^2} - (D-c)]\mu}{2}$ .
- (2) 当  $y > \frac{[D-c + \sqrt{16ab + (D-c)^2}]\mu}{4(1-\theta)}$  时,  $s_u = \frac{\sqrt{8ab\mu^2 + [\mu(D-c) - (1-\theta)y]^2} - [\mu(D-c) - (1-\theta)y]}{2}$ .

将上式代入到式 (A4)、式 (A5), 可得引理1中各成员的均衡决策及利润. 证毕.  $\square$

**引理2的证明** 采用引理1的证明思路, 引理2同理可证.  $\square$

**引理3的证明** 采用引理1的证明思路, 引理3同理可证.  $\square$

**推论1的证明** 将引理1与引理3的区间范围进行比较:

$$\frac{[D-c+\sqrt{16ab+(D-c)^2}]\mu}{4(1-\theta)} - \frac{(D-c)\mu}{2(1-\theta)} = \frac{[\sqrt{16ab+(D-c)^2} - (D-c)]\mu}{4(1-\theta)} > 0$$

因此,  $\frac{[D-c+\sqrt{16ab+(D-c)^2}]\mu}{4(1-\theta)} > \frac{(D-c)\mu}{2(1-\theta)}$  恒成立. 下面讨论  $\frac{[D-c+\sqrt{16ab+(D-c)^2}]\mu}{4(1-\theta)}$  与  $\frac{(D-c)\mu}{1-\theta}$  的大小关系:

(1) 当  $\frac{[D-c+\sqrt{16ab+(D-c)^2}]\mu}{4(1-\theta)} - \frac{(D-c)\mu}{1-\theta} \geq 0$  时, 得  $b > \frac{(D-c)^2}{2a}$ ;

(2) 当  $\frac{[D-c+\sqrt{16ab+(D-c)^2}]\mu}{4(1-\theta)} - \frac{(D-c)\mu}{1-\theta} < 0$  时, 得  $b \leq \frac{(D-c)^2}{2a}$ .

在  $b > \frac{(D-c)^2}{2a}$  的情况下:

(1) 当  $y \leq \frac{(D-c)\mu}{2(1-\theta)}$  时,  $q_u^* - q_z^* = \frac{D-c+\sqrt{16ab+(D-c)^2}}{8a\mu} - \frac{(D-c)}{4a\mu} = \frac{\sqrt{16ab+(D-c)^2} - (D-c)}{8a\mu} > 0$ .

(2) 当  $\frac{(D-c)\mu}{2(1-\theta)} < y < \frac{(D-c)\mu}{1-\theta}$  时,  $q_u^* - q_z^* = \frac{D-c+\sqrt{16ab+(D-c)^2}}{8a\mu} - \frac{(D-c)\mu - (1-\theta)y}{2a\mu^2} = \frac{\sqrt{16ab+(D-c)^2}\mu - (D-c)\mu}{8a\mu^2} >$

0.

(3) 当  $\frac{(D-c)\mu}{1-\theta} < y < \frac{[D-c+\sqrt{16ab+(D-c)^2}]\mu}{4(1-\theta)}$  时,  $q_u^* - q_z^* = \frac{D-c+\sqrt{16ab+(D-c)^2}}{8a\mu} > 0$ .

(4) 当  $y > \frac{[D-c+\sqrt{16ab+(D-c)^2}]\mu}{4(1-\theta)}$  时,  $q_u^* - q_z^* = \frac{\mu(D-c) - (1-\theta)y + \sqrt{8ab\mu^2 + [\mu(D-c) - (1-\theta)y]^2}}{4a\mu^2} > 0$ .

在  $b \leq \frac{(D-c)^2}{2a}$  的情况下:

(1) 当  $y \leq \frac{(D-c)\mu}{2(1-\theta)}$  时,  $q_u^* - q_z^* = \frac{D-c+\sqrt{16ab+(D-c)^2}}{8a\mu} - \frac{(D-c)}{4a\mu} = \frac{\sqrt{16ab+(D-c)^2} - (D-c)}{8a\mu} > 0$ .

(2) 当  $\frac{(D-c)\mu}{2(1-\theta)} < y < \frac{[D-c+\sqrt{16ab+(D-c)^2}]\mu}{4(1-\theta)}$  时,  $q_u^* - q_z^* = \frac{D-c+\sqrt{16ab+(D-c)^2}}{8a\mu} - \frac{(D-c)\mu - (1-\theta)y}{2a\mu^2} = \frac{\sqrt{16ab+(D-c)^2}\mu - (D-c)\mu}{8a\mu^2} > 0$ .

(3) 当  $\frac{[D-c+\sqrt{16ab+(D-c)^2}]\mu}{4(1-\theta)} < y < \frac{(D-c)\mu}{1-\theta}$  时,

$$\begin{aligned} q_u^* - q_z^* &= \frac{\mu(D-c) - (1-\theta)y + \sqrt{8ab\mu^2 + [\mu(D-c) - (1-\theta)y]^2}}{4a\mu^2} - \frac{(D-c)\mu - (1-\theta)y}{2a\mu^2} \\ &= \frac{\sqrt{8ab\mu^2 + [\mu(D-c) - (1-\theta)y]^2} - \mu(D-c) + (1-\theta)y}{4a\mu^2} > 0. \end{aligned}$$

(4) 当  $y > \frac{(D-c)\mu}{1-\theta}$  时,  $q_u^* - q_z^* = \frac{\mu(D-c) - (1-\theta)y + \sqrt{8ab\mu^2 + [\mu(D-c) - (1-\theta)y]^2}}{4a\mu^2} > 0$ .

综上所述:  $q_u^* > q_z^*$ . 采用上述类似的证明方法,  $q_d^* > q_z^*$  同理可证. 证毕.  $\square$

**推论2的证明** 采用推论1类似的证明方法, 推论2同理可证. 证毕.  $\square$

**命题1的证明** (1) 当  $y > \frac{[D-c+\sqrt{16ab+(D-c)^2}]\mu}{4(1-\theta)}$  时,

$$w_u^* = \frac{\mu(D-c) + (1-\theta)y - \sqrt{8ab\mu^2 + [\mu(D-c) - (1-\theta)y]^2}}{2}.$$

对  $w_u^*$  求关于  $y$  的一阶导数, 可得:

$$\frac{dw_u^*}{dy} = (1-\theta) \left( 1 + \frac{(D-c)\mu - (1-\theta)y}{\sqrt{8ab\mu^2 + [\mu(D-c) - (1-\theta)y]^2}} \right) > 0.$$

显然,  $w_u^*$  是关于  $y$  的单调递增函数. 当  $w_u^* = 0$  时,  $y = \frac{2ab\mu}{(D-c)(1-\theta)}$ .

若  $\frac{2ab\mu}{(D-c)(1-\theta)} < \frac{[D-c+\sqrt{16ab+(D-c)^2}]\mu}{4(1-\theta)}$ , 即  $b < \frac{(D-c)^2}{2a}$ , 则  $w_u^* > 0$ .

若  $\frac{2ab\mu}{(D-c)(1-\theta)} \geq \frac{[D-c+\sqrt{16ab+(D-c)^2}]\mu}{4(1-\theta)}$ , 即  $b \geq \frac{(D-c)^2}{2a}$ , 当  $\frac{[D-c+\sqrt{16ab+(D-c)^2}]\mu}{4(1-\theta)} < y < \frac{2ab\mu}{(D-c)(1-\theta)}$  时  $w_u^* < 0$ ; 当  $y \geq \frac{2ab\mu}{(D-c)(1-\theta)}$  时,  $w_u^* \geq 0$ .

(2) 当  $y \leq \frac{[D-c+\sqrt{16ab+(D-c)^2}]\mu}{4(1-\theta)}$  时,  $w_u^* = \frac{[3(D-c)-\sqrt{16ab+(D-c)^2}]\mu}{4}$ . 显然, 当  $b > \frac{(D-c)^2}{2a}$  时,  $w_u^* < 0$ ; 当  $b \leq \frac{(D-c)^2}{2a}$  时,  $w_u^* > 0$ . 证毕.  $\square$

**命题2的证明** 通过引理2可得  $w_d^* > 0$ . 证毕.  $\square$

**命题3的证明** 通过引理1和引理2的比较可得  $q_u^* > q_d^*$ ,  $\pi_u^{F^*} = \pi_d^{F^*}$ ,  $\pi_u^{E^*} = \pi_d^{E^*}$ , 此外通过消费者剩余和社会福利的公式, 可得地方政府实施补贴决策时, 面向农户的补贴策略下消费者剩余和社会福利分别为:

| 约束条件                | $y \leq \frac{(D-c+h_1)\mu}{4(1-\theta)}$ | $y > \frac{(D-c+h_1)\mu}{4(1-\theta)}$                                         |
|---------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| 消费者剩余 $\pi_u^{C^*}$ | $\frac{(D-c+h_1)^2}{128a}$                | $\frac{[\mu(D-c)-(1-\theta)y+h_2]^2}{32a\mu^2}$                                |
| 社会福利 $\pi_u^{H^*}$  | $\frac{7(D-c+h_1)^2}{128a} - b$           | $\frac{[3\mu(D-c)+5(1-\theta)y+3h_2][\mu(D-c)-(1-\theta)y+h_2]}{32a\mu^2} - b$ |

地方政府实施补贴决策时, 面向企业的补贴策略下消费者剩余和社会福利分别为:

| 约束条件                | $y \leq \frac{(D-c+h_1)\mu}{4(1-\theta)}$ | $y > \frac{(D-c+h_1)\mu}{4(1-\theta)}$                                         |
|---------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| 消费者剩余 $\pi_d^{C^*}$ | $\frac{(D-c+h_1)^2}{128a}$                | $\frac{[\mu(D-c)-(1-\theta)y+h_2]^2}{32a\mu^2}$                                |
| 社会福利 $\pi_d^{H^*}$  | $\frac{7(D-c+h_1)^2}{128a} - b$           | $\frac{[3\mu(D-c)+5(1-\theta)y+3h_2][\mu(D-c)-(1-\theta)y+h_2]}{32a\mu^2} - b$ |

注:  $h_1 = \sqrt{16ab + (D-c)^2}$ ,  $h_2 = \sqrt{8ab\mu^2 + [\mu(D-c) - (1-\theta)y]^2}$ .

通过比较可知,  $\pi_u^{C^*} = \pi_d^{C^*}$ ,  $\pi_u^{H^*} = \pi_d^{H^*}$ . 证毕.  $\square$

**命题4的证明** 通过消费者剩余和社会福利的公式可知, 零补贴策略下的消费者剩余和社会福利分为:

| 约束条件                | $y \leq \frac{(D-c)\mu}{2(1-\theta)}$ | $\frac{(D-c)\mu}{2(1-\theta)} < y \leq \frac{(D-c)\mu}{1-\theta}$                         | $y > \frac{(D-c)\mu}{1-\theta}$ |
|---------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| 消费者剩余 $\pi_z^{C^*}$ | $\frac{(d-c)^2}{32a}$                 | $\frac{[(d-c)\mu-(1-\theta)y]^2}{8a\mu^2}$                                                | 0                               |
| 社会福利 $\pi_z^{H^*}$  | $\frac{7(D-c)^2}{32a}$                | $\frac{(D-c)^2\mu^2-(1-\theta)^2y^2}{4a\mu^2} + \frac{[(D-c)\mu-(1-\theta)y]^2}{8a\mu^2}$ | 0                               |

由引理1和引理2可知,  $s_u^*q_u^* = s_d^*q_d^* = b$ , 且由命题3可知,  $\pi_u^{H^*} = \pi_d^{H^*}$ . 因此, 将  $\pi_u^{H^*}$  与  $\pi_z^{H^*}$  比较即可, 采用推论1的证明思路, 即可证明  $\pi_u^{H^*}$  与  $\pi_z^{H^*}$  的大小关系.  $\square$

**推论3的证明** 将命题1与命题4的阈值对比, 可得推论3中的结论. 证毕.  $\square$

**引理4的证明** 采用引理1的证明思路, 引理4同理可证.  $\square$

**引理5的证明** 采用引理2的证明思路, 引理5同理可证.  $\square$

**命题5的证明** (1) 当  $y < \frac{(D-c)\mu}{2(1-\theta)}$  时,

(a) 若  $b < \frac{3(D-c)^2}{a}$ , 则  $w_{Gu}^* = \frac{[3(D-c)-\sqrt{16ab+(D-c)^2}]\mu}{4}$ , 令  $w_{Gu}^* = 0$ , 解得  $b = \frac{(D-c)^2}{2a}$ . 即  $0 \leq b \leq \frac{(D-c)^2}{2a}$  时,  $w_{Gu}^* \geq 0$ ; 而  $\frac{(D-c)^2}{2a} < b < \frac{3(D-c)^2}{a}$  时,  $w_{Gu}^* < 0$ .

(b) 若  $b \geq \frac{3(D-c)^2}{a}$ , 则  $w_{Gu}^* = -(D-c)\mu < 0$ .

(2) 当  $\frac{(D-c)\mu}{2(1-\theta)} \leq y < \frac{2(D-c)\mu}{1-\theta}$  时,

(a) 若  $b < \frac{y(1-\theta)[2y(1-\theta)-(D-c)\mu]}{2\mu^2a}$ , 则  $w_{Gu}^* = \frac{(1-\theta)y+(D-c)\mu-\sqrt{8ab\mu^2+[(1-\theta)y-(D-c)\mu]^2}}{2}$ , 显然  $w_{Gu}^*$  为关于  $b$  的单减函数, 令  $w_{Gu}^* = 0$ , 解得  $b = \frac{y(1-\theta)(D-c)}{2a\mu}$ .

若  $\frac{y(1-\theta)[2y(1-\theta)-(D-c)\mu]}{2\mu^2a} \leq \frac{y(1-\theta)(D-c)}{2a\mu}$ , 即  $y \leq \frac{(D-c)\mu}{1-\theta}$ , 则  $w_{Gu}^* \geq 0$ .

若  $\frac{y(1-\theta)[2y(1-\theta)-(D-c)\mu]}{2\mu^2a} > \frac{y(1-\theta)(D-c)}{2a\mu}$ , 即  $y > \frac{(D-c)\mu}{1-\theta}$ , 则  $w_{Gu}^*$  在  $0 \leq b \leq \frac{y(1-\theta)(D-c)}{2a\mu}$  上大于等于 0,  $w_{Gu}^*$  在  $\frac{y(1-\theta)(D-c)}{2a\mu} < b < \frac{y(1-\theta)[2y(1-\theta)-(D-c)\mu]}{2\mu^2a}$  上小于 0.

(b) 若  $\frac{y(1-\theta)[2y(1-\theta)-(D-c)\mu]}{2\mu^2a} \leq b < \frac{3(D-c)^2}{a}$ , 则  $w_{Gu}^* = \frac{[3(D-c)-\sqrt{16ab+(D-c)^2}]\mu}{4}$ , 令  $w_{Gu}^* = 0$ , 解得  $b = \frac{(D-c)^2}{2a}$ .

若  $\frac{y(1-\theta)[2y(1-\theta)-(D-c)\mu]}{2\mu^2a} \leq \frac{(D-c)^2}{2a}$ , 即  $y \leq \frac{(D-c)\mu}{1-\theta}$ , 则  $w_{Gu}^*$  在  $\frac{y(1-\theta)[2y(1-\theta)-(D-c)\mu]}{2\mu^2a} \leq b \leq \frac{(D-c)^2}{2a}$  上大于等于 0,  $w_{Gu}^*$  在  $\frac{(D-c)^2}{2a} < b < \frac{3(D-c)^2}{a}$  上小于 0.

若  $\frac{y(1-\theta)[2y(1-\theta)-(D-c)\mu]}{2\mu^2a} > \frac{(D-c)^2}{2a}$ , 即  $y > \frac{(D-c)\mu}{1-\theta}$ , 则  $w_{Gu}^* < 0$ .

(c) 若  $b \geq \frac{3(D-c)^2}{a}$ , 则  $w_{Gu}^* = -(D-c)\mu < 0$ .

(3) 当  $y > \frac{2(D-c)\mu}{1-\theta}$  时,

(a) 若  $b < \frac{(D-c)[(1-\theta)y+(D-c)\mu]}{\mu a}$ , 则  $w_{Gu}^* = \frac{(1-\theta)y+(D-c)\mu-\sqrt{8ab\mu^2+[(1-\theta)y-(D-c)\mu]^2}}{2}$ , 令  $w_{Gu}^* = 0$ , 解得  $b = \frac{y(1-\theta)(D-c)}{2a\mu} < \frac{(D-c)[(1-\theta)y+(D-c)\mu]}{\mu a}$ . 此时,  $w_{Gu}^*$  在  $0 \leq b \leq \frac{y(1-\theta)(D-c)}{2a\mu}$  上大于等于 0,  $w_{Gu}^*$  在  $\frac{y(1-\theta)(D-c)}{2a\mu} < b < \frac{(D-c)[(1-\theta)y+(D-c)\mu]}{\mu a}$  上小于 0.

(b) 若  $b \geq \frac{(D-c)[(1-\theta)y+(D-c)\mu]}{\mu a}$ , 则  $w_{Gu}^* = -(D-c)\mu < 0$ .

综上所述: 在  $b \leq b_4$ , 则  $w_{Gu}^* \geq 0$ ; 若  $b > b_4$ , 则  $w_{Gu}^* < 0$ , 其中

$$b_4 = \begin{cases} \frac{(D-c)^2}{2a}, & y \leq \frac{(D-c)\mu}{1-\theta} \\ \frac{y(D-c)(1-\theta)}{2a\mu}, & y > \frac{(D-c)\mu}{1-\theta} \end{cases}$$

□

**命题6的证明** 由引理4可得中央政府实施补贴决策时, 面向农户补贴策略下, 企业的收益、农户联合体的利润、消费者剩余和社会福利, 如下:

| 条件                                                                    | 企业利润 $\pi_{Gu}^{E*}$           | 农户联合体的收益 $\pi_{Gu}^{F**}$ | 消费者剩余 $\pi_{Gu}^{C*}$          | 社会福利 $\pi_{Gu}^{H*}$ |
|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------|--------------------------------|----------------------|
| $y < \frac{(D-c)\mu}{2(1-\theta)}$                                    |                                |                           |                                |                      |
| $b < \frac{3(D-c)^2}{a}$                                              | $\frac{(D-c+h_1)^2}{64a}$      | $\frac{(D-c+h_1)^2}{32a}$ | $\frac{(D-c+h_1)^2}{128a}$     | $h_6$                |
| $b \geq \frac{3(D-c)^2}{a}$                                           | $\frac{(D-c)^2}{a}$            | $\frac{2(D-c)^2}{a}$      | $\frac{(D-c)^2}{2a}$           | $\frac{(D-c)^2}{2a}$ |
| $\frac{(D-c)\mu}{2(1-\theta)} \leq y \leq \frac{2(D-c)\mu}{1-\theta}$ |                                |                           |                                |                      |
| $b < \frac{y(1-\theta)h_5}{2\mu^2a}$                                  | $\frac{(h_2-h_3)^2}{16\mu^2a}$ | $h_7$                     | $\frac{(h_2-h_3)^2}{32\mu^2a}$ | $h_8$                |
| $\frac{y(1-\theta)h_5}{2\mu^2a} \leq b < \frac{3(D-c)^2}{a}$          | $\frac{(D-c+h_1)^2}{64a}$      | $\frac{(D-c+h_1)^2}{32a}$ | $\frac{(D-c+h_1)^2}{128a}$     | $h_6$                |
| $b \geq \frac{3(D-c)^2}{a}$                                           | $\frac{(D-c)^2}{a}$            | $\frac{2(D-c)^2}{a}$      | $\frac{(D-c)^2}{2a}$           | $\frac{(D-c)^2}{2a}$ |
| $y > \frac{2(D-c)\mu}{1-\theta}$                                      |                                |                           |                                |                      |
| $b < \frac{(D-c)h_4}{\mu a}$                                          | $\frac{(h_2-h_3)^2}{16\mu^2a}$ | $h_7$                     | $\frac{(h_2-h_3)^2}{32\mu^2a}$ | $h_8$                |
| $b \geq \frac{(D-c)h_4}{\mu a}$                                       | $\frac{(D-c)^2}{a}$            | $\frac{2(D-c)^2}{a}$      | $\frac{(D-c)^2}{2a}$           | $\frac{(D-c)^2}{2a}$ |

由引理5可得中央政府实施补贴决策时, 面向企业补贴策略下, 企业、农户联合体的利润、消费者剩余和社会福利, 如下:

| 条件                                                                    | 企业利润 $\pi_{Gd}^{E*}$            | 农户联合体的收益 $\pi_{Gd}^{F*}$  | 消费者剩余 $\pi_{Gd}^{C*}$           | 社会福利 $\pi_{Gd}^{H*}$ |
|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------|---------------------------------|----------------------|
| $y < \frac{(D-c)\mu}{2(1-\theta)}$                                    |                                 |                           |                                 |                      |
| $b < \frac{3(D-c)^2}{a}$                                              | $\frac{(D-c+h_1)^2}{64a}$       | $\frac{(D-c+h_1)^2}{32a}$ | $\frac{(D-c+h_1)^2}{128a}$      | $h_6$                |
| $b \geq \frac{3(D-c)^2}{a}$                                           | $\frac{(D-c)^2}{a}$             | $\frac{2(D-c)^2}{a}$      | $\frac{(D-c)^2}{2a}$            | $\frac{(D-c)^2}{2a}$ |
| $\frac{(D-c)\mu}{2(1-\theta)} \leq y \leq \frac{2(D-c)\mu}{1-\theta}$ |                                 |                           |                                 |                      |
| $b < \frac{y(1-\theta)h_5}{2\mu^2 a}$                                 | $\frac{(h_2-h_3)^2}{16\mu^2 a}$ | $h_7$                     | $\frac{(h_2-h_3)^2}{32\mu^2 a}$ | $h_8$                |
| $\frac{y(1-\theta)h_5}{2\mu^2 a} \leq b < \frac{3(D-c)^2}{a}$         | $\frac{(D-c+h_1)^2}{64a}$       | $\frac{(D-c+h_1)^2}{32a}$ | $\frac{(D-c+h_1)^2}{128a}$      | $h_6$                |
| $b \geq \frac{3(D-c)^2}{a}$                                           | $\frac{(D-c)^2}{a}$             | $\frac{2(D-c)^2}{a}$      | $\frac{(D-c)^2}{2a}$            | $\frac{(D-c)^2}{2a}$ |
| $y > \frac{2(D-c)\mu}{1-\theta}$                                      |                                 |                           |                                 |                      |
| $b < \frac{(D-c)h_4}{\mu a}$                                          | $\frac{(h_2-h_3)^2}{16\mu^2 a}$ | $h_7$                     | $\frac{(h_2-h_3)^2}{32\mu^2 a}$ | $h_8$                |
| $b \geq \frac{(D-c)h_4}{\mu a}$                                       | $\frac{(D-c)^2}{a}$             | $\frac{2(D-c)^2}{a}$      | $\frac{(D-c)^2}{2a}$            | $\frac{(D-c)^2}{2a}$ |

注:  $h_1 = \sqrt{16ab + (D-c)^2}$ ,  $h_2 = \sqrt{8ab\mu^2 + [\mu(D-c) - (1-\theta)y]^2}$ ,  $h_3 = (1-\theta)y - (D-c)\mu$ ,  $h_4 = (1-\theta)y + (D-c)\mu$ ,  $h_5 = 2(1-\theta)y - (D-c)\mu$ ,  $h_6 = \frac{[D-c+\sqrt{16ab+(D-c)^2}][15(D-c)-\sqrt{16ab+(D-c)^2}]}{128a}$ ,  $h_7 = \frac{(1-\theta)y\{\sqrt{8ab\mu^2+[(1-\theta)y-(D-c)\mu]^2}-(1-\theta)y+(D-c)\mu\}}{4a\mu^2}$ ,  $h_8 = \frac{\{7(D-c)\mu+y(1-\theta)-\sqrt{8ab\mu^2+[(1-\theta)y-(D-c)\mu]^2}\}\{(D-c)\mu-y(1-\theta)+\sqrt{8ab\mu^2+[(1-\theta)y-(D-c)\mu]^2}\}}{32a\mu^2}$ .

由引理4、引理5, 以上两个表格的比较可得命题6的结论. 证毕.  $\square$

**命题7的证明** 采用与命题4的证明思路, 命题7同理可证.  $\square$

**命题8的证明** 由命题6、引理1和引理2可知,  $s_{Gu}^* = s_{Gd}^*$ ,  $s_u^* = s_d^*$ , 因此只需将  $s_{Gu}^*$  与  $s_u^*$  进行比较即可.

约束条件的比较:  $\frac{[D-c+\sqrt{16ab+(D-c)^2}]\mu}{4(1-\theta)} \geq \frac{(D-c)\mu}{2(1-\theta)}$  恒成立.

$$\frac{[D-c+\sqrt{16ab+(D-c)^2}]\mu}{4(1-\theta)} - \frac{2(D-c)\mu}{1-\theta} = \frac{[\sqrt{16ab+(D-c)^2}-7(D-c)]\mu}{4(1-\theta)}.$$

若  $b \leq \frac{3(D-c)^2}{a}$ , 则  $\frac{[D-c+\sqrt{16ab+(D-c)^2}]\mu}{4(1-\theta)} \leq \frac{2(D-c)\mu}{1-\theta}$ ;

若  $b > \frac{3(D-c)^2}{a}$ , 则  $\frac{[D-c+\sqrt{16ab+(D-c)^2}]\mu}{4(1-\theta)} > \frac{2(D-c)\mu}{1-\theta}$ .

在  $b \leq \frac{3(D-c)^2}{a}$  的情况下,

(1) 当  $y \leq \frac{(D-c)\mu}{2(1-\theta)}$  时,  $s_{Gu}^* - s_u^* = \frac{[\sqrt{16ab+(D-c)^2}-(D-c)]\mu}{2} - \frac{[\sqrt{16ab+(D-c)^2}-(D-c)]\mu}{2} = 0$

(2) 当  $\frac{(D-c)\mu}{2(1-\theta)} < y \leq \frac{[D-c+\sqrt{16ab+(D-c)^2}]\mu}{4(1-\theta)}$  时

(a) 若  $b \leq \frac{y(1-\theta)[2y(1-\theta)-(D-c)\mu]}{2\mu^2 a}$ , 由于  $y \leq \frac{[D-c+\sqrt{16ab+(D-c)^2}]\mu}{4(1-\theta)}$  等价于  $b \geq \frac{y(1-\theta)[2y(1-\theta)-(D-c)\mu]}{2\mu^2 a}$ , 与约束条件矛盾, 因此无解. (此处若能够取到等号, 即  $b = \frac{y(1-\theta)[2y(1-\theta)-(D-c)\mu]}{2\mu^2 a}$ , 则  $s_{Gu}^* - s_u^* = 0$ ).

(b) 若  $\frac{y(1-\theta)[2y(1-\theta)-(D-c)\mu]}{2\mu^2 a} \leq b < \frac{3(D-c)^2}{a}$ , 则  $s_{Gu}^* - s_u^* = 0$ .

(3) 当  $\frac{[D-c+\sqrt{16ab+(D-c)^2}]\mu}{4(1-\theta)} < y \leq \frac{2(D-c)\mu}{1-\theta}$  时,

(a) 若  $b < \frac{y(1-\theta)[2y(1-\theta)-(D-c)\mu]}{2\mu^2 a}$ , 则  $s_{Gu}^* - s_u^* = 0$ .

(b) 若  $\frac{y(1-\theta)[2y(1-\theta)-(D-c)\mu]}{2\mu^2 a} \leq b < \frac{3(D-c)^2}{a}$ , 则由于  $y > \frac{[D-c+\sqrt{16ab+(D-c)^2}]\mu}{4(1-\theta)}$  等价于  $b < \frac{y(1-\theta)[2y(1-\theta)-(D-c)\mu]}{2\mu^2 a}$ , 与约束条件矛盾, 因此无解. (此处若能够取到等号, 即  $b = \frac{y(1-\theta)[2y(1-\theta)-(D-c)\mu]}{2\mu^2 a}$ , 则  $s_{Gu}^* - s_u^* = 0$ ).

(4) 当  $y > \frac{2(D-c)\mu}{1-\theta}$  时,  $s_{Gu}^* - s_u^* = 0$ ,

在  $b > \frac{3(D-c)^2}{a}$  的情况下,

(1) 当  $y \leq \frac{(D-c)\mu}{2(1-\theta)}$  时,  $s_{Gu}^* - s_u^* = 3(D-c)\mu - \frac{[\sqrt{16ab+(D-c)^2}-(D-c)]\mu}{2}$ .

显然, 上式为关于  $b$  的单减函数, 当  $b = \frac{3(D-c)^2}{a}$  时, 该函数取得最大值, 此时函数值为 0. 因此  $s_{Gu}^* < s_u^*$ .

(2) 当  $\frac{(D-c)\mu}{2(1-\theta)} < y \leq \frac{2(D-c)\mu}{1-\theta}$  时,  $s_{Gu}^* - s_u^* = 3(D-c)\mu - \frac{[\sqrt{16ab+(D-c)^2}-(D-c)]\mu}{2} < 0$ .

(3) 当  $\frac{2(D-c)\mu}{1-\theta} < y \leq \frac{[D-c+\sqrt{16ab+(D-c)^2}]\mu}{4(1-\theta)}$  时,

(a) 若  $\frac{3(D-c)^2}{a} \leq b < \frac{(D-c)[y(1-\theta)+(D-c)\mu]}{\mu a}$ , 则由于  $y \leq \frac{[D-c+\sqrt{16ab+(D-c)^2}]\mu}{4(1-\theta)}$  等价于  $b \geq \frac{y(1-\theta)[2y(1-\theta)-(D-c)\mu]}{2\mu^2 a}$ , 与式  $b < \frac{(D-c)[y(1-\theta)+(D-c)\mu]}{\mu a}$  矛盾, 因此无解.

(b) 若  $b \geq \frac{(D-c)[y(1-\theta)+(D-c)\mu]}{\mu a}$ , 则  $s_{Gu}^* - s_u^* = (1-\theta)y + (D-c)\mu - \frac{[\sqrt{16ab+(D-c)^2}-(D-c)]\mu}{2}$ .

显然, 上式为关于  $b$  的单减函数, 且最大值小于 0, 因此  $s_{Gu}^* < s_u^*$ .

(4) 当  $y > \frac{[D-c+\sqrt{16ab+(D-c)^2}]\mu}{4(1-\theta)}$  时,

(a) 若  $\frac{3(D-c)^2}{a} \leq b < \frac{(D-c)[y(1-\theta)+(D-c)\mu]}{\mu a}$ , 则  $s_{Gu}^* - s_u^* = 0$ .

(b) 若  $b \geq \frac{(D-c)[y(1-\theta)+(D-c)\mu]}{\mu a}$ , 则

$$s_{Gu}^* - s_u^* = (1-\theta)y + (D-c)\mu - \frac{\sqrt{8ab\mu^2 + [(1-\theta)y - (D-c)\mu]^2} + (1-\theta)y - (D-c)\mu}{2}.$$

上式为关于  $b$  的单减函数, 且当  $b = \frac{(D-c)[y(1-\theta)+(D-c)\mu]}{\mu a}$  时,  $s_{Gu}^* - s_u^* = 0$ . 因此,  $s_{Gu}^* < s_u^*$ .

综上所述, 若  $b \leq b_3$ , 则  $s_{Gu}^* = s_{Gd}^* = s_u^* = s_d^*$  和  $q_{Gu}^* = q_{Gd}^* = q_u^* = q_d^*$ ; 若  $b > b_3$ , 则  $s_{Gu}^* = s_{Gd}^* < s_u^* = s_d^*$  和  $q_{Gu}^* = q_{Gd}^* < q_u^* = q_d^*$ , 其中

$$b_3 = \begin{cases} \frac{3(D-c)^2}{a}, & y \leq \frac{2(D-c)\mu}{1-\theta} \\ \frac{(D-c)[y(1-\theta)+(D-c)\mu]}{\mu a}, & y > \frac{2(D-c)\mu}{1-\theta} \end{cases}$$

证毕. □

**命题9的证明** 采用与命题8相同的证明思路, 命题9同理可证. □

**命题10的证明** 通过对比命题1和命题5的结论可得命题10的结论. □

**命题11的证明** 采用与命题8相同的证明思路, 命题11同理可证. □

## B 附录

### (1) 面向农户的补贴策略

在面向农户的补贴策略下, 采用逆向归纳法, 先分析企业的农地流转数量决策. 给定中央政府的单位补贴金额  $s_{Gu}$ , 农户联合体的单位流转价格  $w_{Gu}$ , 企业需决策  $q_{Gu}$  以最大化其利润  $\pi_{Gu}^E$  (下标  $GT$  代表不对称信息下中央政府实施补贴决策的情况, 下同):

$$\max_{q_{Gu}} \pi_{Gu}^E = \mu q_{Gu} (D - a\mu q_{Gu}) - w_{Gu} q_{Gu} - \mu q_{Gu} c \quad (B1)$$

$$\text{s.t. } q_{Gu} \geq 0 \quad (B2)$$

其中  $\mu q_{Gu} (D - a\mu q_{Gu})$  为企业的销售收入,  $w_{Gu} q_{Gu}$  为企业的流转成本,  $\mu q_{Gu} c$  为企业的生产成本. 接下来, 分析农户联合体的土地流转单价决策: 给定中央政府的单位补贴金额  $s_{Gu}$ , 农户联合体需决策  $w_{Gu}$  以最大化其收益  $\pi_{Gu}^F$ :

$$\max_{w_{Gu}} \pi_{Gu}^F = w_{Gu} q_{Gu} + s_{Gu} q_{Gu} \quad (B3)$$

$$\text{s.t. } w_{GTu}q_{GTu} + s_{GTu}q_{GTu} \geq (1 - \theta_T)q_{GTu}y \quad (\text{B4})$$

其中  $w_{GTu}q_{GTu}$  为农户联合体的农地流转收入,  $s_{GTu}q_{GTu}$  为农户联合体从政府获得的补贴收入,  $(1 - \theta_T)q_{GTu}y$  为农户不流转农地时获得的期望收益. 最后, 分析中央政府的单位补贴金额决策, 即中央政府需决策  $s_{GTu}$  以最大化总社会福利:

$$\max_{s_{GTu}} \int_{\delta}^1 \frac{\pi_{GTu}^C + \pi_{GTu}^E + \pi_{GTu}^F - s_{GTu}q_{GTu}}{1 - \delta} d\theta_G \quad (\text{B5})$$

$$\text{s.t. } s_{GTu}q_{GTu} \leq b \quad (\text{B6})$$

其中,  $\pi_{GTu}^C$  为中央政府实施补贴决策时面向农户补贴策略的消费者剩余,  $\pi_{GTu}^E$  为企业的利润,  $\pi_{GTu}^F$  为农户联合体的收益,  $s_{GTu}$  为面向农户的补贴成本,  $b$  为中央政府的补贴预算.

## (2) 面向企业的补贴策略

在面向企业的补贴策略下, 采用逆向归纳法, 先分析企业的流转数量决策. 给定中央政府的单位补贴金额  $s_{GTd}$ , 农户联合体的单位流转价格  $w_{GTd}$ , 企业需决策  $q_{GTd}$  以最大化其利润  $\pi_{GTd}^E$ :

$$\max_{q_{GTd}} \pi_{GTd}^E = \mu q_{GTd}(D - a\mu q_{GTd}) - w_{GTd}q_{GTd} - \mu q_{GTd}c + s_{GTd}q_{GTd} \quad (\text{B7})$$

$$\text{s.t. } q_{GTd} \geq 0 \quad (\text{B8})$$

其中  $\mu q_{GTd}(D - a\mu q_{GTd})$  为企业的销售收入,  $w_{GTd}q_{GTd}$  为企业的流转成本,  $\mu q_{GTd}c$  为企业的生产成本,  $s_{GTd}q_{GTd}$  为企业从政府获得的补贴收入. 接下来, 分析农户联合体的单位流转价格决策: 给定中央政府的单位补贴金额  $s_{GTd}$ , 农户联合体需决策  $w_{GTd}$  以最大化其收益  $\pi_{GTd}^F$ :

$$\max_{w_{GTd}} \pi_{GTd}^F = w_{GTd}q_{GTd} \quad (\text{B9})$$

$$\text{s.t. } w_{GTd}q_{GTd} \geq (1 - \theta_T)q_{GTd}y \quad (\text{B10})$$

其中  $w_{GTd}q_{GTd}$  为农户联合体的农地流转收入,  $(1 - \theta_T)q_{GTd}y$  为农户不流转农地时获得的期望收益. 最后, 分析中央政府的单位补贴金额决策, 即中央政府需决策  $s_{GTd}$  以最大化社会福利:

$$\max_{s_{GTd}} \int_{\delta}^1 \frac{\pi_{GTd}^C + \pi_{GTd}^E + \pi_{GTd}^F - s_{GTd}q_{GTd}}{1 - \delta} d\theta_T \quad (\text{B11})$$

$$\text{s.t. } s_{GTd}q_{GTd} \leq b \quad (\text{B12})$$

其中,  $\pi_{GTd}^C$  为消费者剩余,  $\pi_{GTd}^E$  为企业的利润,  $\pi_{GTd}^F$  为农户联合体的收益,  $s_{GTd}q_{GTd}$  为补贴成本,  $b$  为中央政府的补贴预算.

采用引理1的证明思路, 求解式 (B1)–(B12) 所代表的数学规划, 可得面向农户的补贴策略和面向企业的补贴策略下政府、农户联合体和企业的均衡决策, 见引理6.

**引理 6** 考虑不对称信息时, 农户联合体、企业和中央政府的均衡决策如下:

| 条件                       | $q_{GTu}^*$ | $w_{GTu}^*$ | $s_{GTu}^*$ | $q_{GTd}^*$ | $w_{GTd}^*$ | $s_{GTd}^*$ |
|--------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| $y \leq h_6$             |             |             |             |             |             |             |
| $b \leq h_{11}$          | $h_{17}$    | $h_{18}$    | $h_{16}$    | $h_{17}$    | $h_{19}$    | $h_{16}$    |
| $b > h_{11}$             | $h_{21}$    | $h_{22}$    | $h_{20}$    | $h_{21}$    | $h_{23}$    | $h_{20}$    |
| $h_6 < y \leq h_7$       |             |             |             |             |             |             |
| $b \leq h_{10}$          | $h_{25}$    | $h_{26}$    | $h_{24}$    | $h_{25}$    | $h_{27}$    | $h_{24}$    |
| $h_{10} < b \leq h_{11}$ | $h_{17}$    | $h_{18}$    | $h_{16}$    | $h_{17}$    | $h_{19}$    | $h_{16}$    |
| $b > h_{11}$             | $h_{21}$    | $h_{22}$    | $h_{20}$    | $h_{21}$    | $h_{23}$    | $h_{20}$    |
| $h_7 < y \leq h_8$       |             |             |             |             |             |             |
| $b < h_{12}$             | $h_{29}$    | $h_{30}$    | $h_{28}$    | $h_{29}$    | $h_{31}$    | $h_{28}$    |
| $h_{12} < b < h_{10}$    | $h_{25}$    | $h_{26}$    | $h_{24}$    | $h_{25}$    | $h_{27}$    | $h_{24}$    |
| $h_{10} < b \leq h_{11}$ | $h_{17}$    | $h_{18}$    | $h_{16}$    | $h_{17}$    | $h_{19}$    | $h_{16}$    |
| $b > h_{11}$             | $h_{21}$    | $h_{22}$    | $h_{20}$    | $h_{21}$    | $h_{23}$    | $h_{20}$    |
| $h_8 < y \leq h_9$       |             |             |             |             |             |             |
| $b \leq h_{12}$          | $h_{29}$    | $h_{30}$    | $h_{28}$    | $h_{29}$    | $h_{31}$    | $h_{28}$    |
| $h_{12} < b \leq h_{13}$ | $h_{25}$    | $h_{26}$    | $h_{24}$    | $h_{25}$    | $h_{27}$    | $h_{24}$    |
| $b > h_{13}$             | $h_{33}$    | $h_{34}$    | $h_{32}$    | $h_{33}$    | $h_{35}$    | $h_{32}$    |
| $y > h_9$                |             |             |             |             |             |             |
| $b \leq h_{15}$          | $h_{29}$    | $h_{30}$    | $h_{28}$    | $h_{29}$    | $h_{31}$    | $h_{28}$    |
| $b > h_{15}$             | $h_{37}$    | $h_{38}$    | $h_{36}$    | $h_{37}$    | $h_{39}$    | $h_{36}$    |

注:  $h_6 = (D - c)\mu/(2 - 2\delta)$ ,  $h_7 = (D - c)\mu/(1 - \delta)$ ,  $h_8 = 2(D - c)\mu/(1 - \delta)$ ,  $h_9 = 6(D - c)\mu/(1 - \delta)$ ,  $h_{10} = [2(1 - \delta)^2 y^2 - \mu(1 - \delta)y(D - c)]/(2a\mu^2)$ ,  $h_{11} = 3(D - c)^2/a$ ,  $h_{12} = 3(1 - \delta)y[(1 - \delta)y - (D - c)\mu]/(16a\mu^2)$ ,  $h_{13} = [h_{14} - 2(1 - \delta)y]\{[2(1 - \delta)y - (D - c)\mu]h_{14} + (D - c)^2\mu^2 - 4y(1 - \delta)(D - c)\mu - 3y^2(1 - \delta)^2\}/[8ya\mu^2(1 - \delta)]$ ,  $h_{14} = \sqrt{(D - c)^2\mu^2 - 4y(1 - \delta)(D - c)\mu + 2y^2(1 - \delta)^2}$ ,  $h_{15} = 135(D - c)^3\mu/[4ya(1 - \delta)]$ ,  $h_{16} = [\sqrt{(D - c)^2 + 16ab} - (D - c)]\mu/2$ ,  $h_{17} = [\sqrt{(D - c)^2 + 16ab} + (D - c)]/8a\mu$ ,  $h_{18} = [3(D - c) - \sqrt{(D - c)^2 + 16ab}]/4$ ,  $h_{19} = [(D - c) + \sqrt{(D - c)^2 + 16ab}]\mu/4$ ,  $h_{20} = 3(D - c)\mu$ ,  $h_{21} = (D - c)/(a\mu)$ ,  $h_{22} = -(D - c)\mu$ ,  $h_{23} = 2(D - c)\mu$ ,  $h_{24}$  为方程  $x \cdot \{4(1 - \delta)y[(D - c)\mu + x] - [(D - c)\mu + x - 2(1 - \delta)y]^2\}/[16ya\mu^2(1 - \delta)] = b$  在区间  $(1 - \delta)y - (D - c)\mu < x \leq 2(1 - \delta)y - (D - c)\mu$  上唯一的根,  $h_{25} = \{4(1 - \delta)y[(D - c)\mu + h_{24}] - [(D - c)\mu + h_{24} - 2(1 - \delta)y]^2\}/[16ya\mu^2(1 - \delta)]$ ,  $h_{26} = \{4(1 - \delta)^2 y^2 - 8h_{24}(1 - \delta)y + [h_{24} + (D - c)\mu]^2\}/[8y(1 - \delta)]$ ,  $h_{27} = \{4(1 - \delta)^2 y^2 + [h_{24} + (D - c)\mu]^2\}/[8y(1 - \delta)]$ ,  $h_{28}$  为方程  $3x[(D - c)\mu + x]^2/[16ya\mu^2(1 - \delta)] = b$  在区间  $x \leq (1 - \delta)y - (D - c)\mu$  上唯一的根,  $h_{29} = 3[(D - c)\mu + h_{28}]^2/[16ya\mu^2(1 - \delta)]$ ,  $h_{30} = \{4(1 - \delta)^2 y^2 - 8h_{28}(1 - \delta)y + [h_{28} + (D - c)\mu]^2\}/[8y(1 - \delta)]$ ,  $h_{31} = \{4(1 - \delta)^2 y^2 + [h_{28} + (D - c)\mu]^2\}/[8y(1 - \delta)]$ ,  $h_{32} = 2(1 - \delta)y - h_{14}$ ,  $h_{33} = \{4(1 - \delta)y[(D - c)\mu + h_{32}] - [(D - c)\mu + h_{32} - 2(1 - \delta)y]^2\}/[16ya\mu^2(1 - \delta)]$ ,  $h_{34} = \{4(1 - \delta)^2 y^2 - 8h_{32}(1 - \delta)y + [h_{32} + (D - c)\mu]^2\}/[8y(1 - \delta)]$ ,  $h_{35} = \{4(1 - \delta)^2 y^2 + [h_{32} + (D - c)\mu]^2\}/[8y(1 - \delta)]$ ,  $h_{36} = 5(D - c)\mu$ ,  $h_{37} = 27(D - c)^2/[4ay(1 - \delta)]$ ,  $h_{38} = \{(1 - \delta)^2 y^2 - 10(D - c)\mu(1 - \delta)y + 9(D - c)^2\mu^2\}/[2y(1 - \delta)]$ ,  $h_{39} = [(1 - \delta)^2 y^2 + 9(D - c)^2\mu^2]/[2y(1 - \delta)]$ .

## C 附录

### (1) 面向农户的补贴策略

在面向农户的补贴策略下, 采用逆向归纳法, 先分析企业的农地流转数量决策. 给定中央政府的单位补贴金额  $s_{GLu}$ , 农户联合体的单位流转价格  $w_{GLu}$ , 企业需决策  $q_{Gu}$  以最大化其期望利润  $E(\pi_{GLu}^E)$  (下标  $GL$  代表中央政府实施补贴决策的情况, 下同):

$$\max_{q_{GLu}} E(\pi_{GLu}^E) = \int_0^n \frac{\mu q_{GLu}(D - a\mu q_{GLu}) - w_{GLu}q_{GLu} - \mu q_{GLu}c}{n} d\mu \quad (C1)$$

$$\text{s.t. } q_{GLu} \geq 0 \quad (C2)$$

其中  $\mu q_{GLu}(D - a\mu q_{GLu})$  为企业的销售收入,  $w_{GLu}q_{GLu}$  为企业的流转成本,  $\mu q_{GLu}c$  为企业的生产成本. 接下来, 分析农户联合体的土地流转单价决策: 给定中央政府的单位补贴金额  $s_{GLu}$ , 农户联合体需决策  $w_{GLu}$  以最大化其期望收益  $E(\pi_{GLu}^F)$ :

$$\max_{w_{GLu}} E(\pi_{GLu}^F) = \int_0^n \frac{w_{GLu}q_{GLu} + s_{GLu}q_{GLu}}{n} d\mu \quad (C3)$$

$$\text{s.t. } w_{GLu}q_{GLu} + s_{GLu}q_{GLu} \geq (1 - \theta)q_{GLu}y \quad (\text{C4})$$

其中  $w_{GLu}q_{GLu}$  为农户联合体的农地流转收入,  $s_{GLu}q_{GLu}$  为农户联合体从政府获得的补贴收入,  $(1 - \theta)q_{GLu}y$  为农户不流转农地时获得的期望收益. 最后, 分析中央政府的单位补贴金额决策, 即中央政府需决策  $s_{GLu}$  以最大化国家粮食安全效用:

$$\max_{s_{GLu}} \int_0^n \frac{\alpha\mu q_{GLu} - s_{GLu}q_{GLu}}{n} d\mu \quad (\text{C5})$$

$$\text{s.t. } s_{GLu}q_{GLu} \leq b \quad (\text{C6})$$

$$\text{s.t. } E(\pi_{GLu}^C + \pi_{GLu}^E + \pi_{GLu}^F - s_{GLu}q_{GLu}) \geq 0 \quad (\text{C7})$$

$$\text{s.t. } P(\pi_{GLu}^C + \pi_{GLu}^E + \pi_{GLu}^F - s_{GLu}q_{GLu} \geq 0) > \beta \quad (\text{C8})$$

其中  $\alpha\mu q_{GLu}$  为国家的粮食安全效用,  $s_{GLu}q_{GLu}$  为中央政府决策下面向农户的补贴成本,  $b$  为中央政府的补贴预算,  $E(\pi_{GLu}^C + \pi_{GLu}^E + \pi_{GLu}^F - s_{GLu}q_{GLu}) \geq 0$  表示为中央政府决策下长期社会福利为正,  $P(\pi_{GLu}^C + \pi_{GLu}^E + \pi_{GLu}^F - s_{GLu}q_{GLu} \geq 0) > \beta$  表示为短期有限次社会福利为负.

## (2) 面向企业的补贴策略

在面向企业的补贴策略下, 采用逆向归纳法, 先分析企业的流转数量决策. 给定中央政府的单位补贴金额  $s_{GLd}$ , 农户联合体的单位流转价格  $w_{GLd}$ , 企业需决策  $q_{GLd}$  以最大化其利润  $\pi_{GLd}^E$ :

$$\max_{q_{GLd}} E(\pi_{GLd}^E) = \int_0^n \frac{\mu q_{GLd}(D - a\mu q_{GLd}) - w_{GLd}q_{GLd} - \mu q_{GLd}c + s_{GLd}q_{GLd}}{n} d\mu \quad (\text{C9})$$

$$\text{s.t. } q_{GLd} \geq 0 \quad (\text{C10})$$

其中  $\mu q_{GLd}(D - a\mu q_{GLd})$  为企业的销售收入,  $w_{GLd}q_{GLd}$  为企业的流转成本,  $\mu q_{GLd}c$  为企业的生产成本,  $s_{GLd}q_{GLd}$  为企业从政府获得的补贴收入. 接下来, 分析农户联合体的单位流转价格决策: 给定中央政府的单位补贴金额  $s_{GLd}$ , 农户联合体需决策  $w_{GLd}$  以最大化其收益  $\pi_{GLd}^F$ :

$$\max_{w_{GLd}} E(\pi_{GLd}^F) = \int_0^n \frac{w_{GLd}q_{GLd}}{n} d\mu \quad (\text{C11})$$

$$\text{s.t. } w_{GLd}q_{GLd} \geq (1 - \theta)q_{GLd}y \quad (\text{C12})$$

其中  $w_{GLd}q_{GLd}$  为农户联合体的农地流转收入,  $(1 - \theta)q_{GLd}y$  为农户不流转农地时获得的期望收益. 最后, 分析中央政府的单位补贴金额决策, 即中央政府需决策  $s_{GLd}$  以最大化国家粮食安全效用:

$$\max_{s_{GLd}} \int_0^n \frac{\alpha\mu q_{GLd} - s_{GLd}q_{GLd}}{n} d\mu \quad (\text{C13})$$

$$\text{s.t. } s_{GLd}q_{GLd} \leq b \quad (\text{C14})$$

$$\text{s.t. } E(\pi_{GLd}^C + \pi_{GLd}^E + \pi_{GLd}^F - s_{GLd}q_{GLd}) \geq 0 \quad (\text{C15})$$

$$\text{s.t. } P(\pi_{GLd}^C + \pi_{GLd}^E + \pi_{GLd}^F - s_{GLd}q_{GLd} \geq 0) > \beta \quad (\text{C16})$$

其中,  $\alpha\mu q_{GLd}$  为国家的粮食安全效用,  $s_{GLd}q_{GLd}$  为中央政府决策下面向企业的补贴成本,  $b$  为中央政府的补贴预算,  $E(\pi_{GLd}^C + \pi_{GLd}^E + \pi_{GLd}^F - s_{GLd}q_{GLd}) \geq 0$  表示为中央政府决策下长期社会福利为正,  $P(\pi_{GLd}^C + \pi_{GLd}^E + \pi_{GLd}^F - s_{GLd}q_{GLd} \geq 0) > \beta$  表示为短期有限次社会福利为负.

采用引理1的证明方式, 求解式 (C1)–(C16) 所代表的数学规划, 可得相应的均衡决策, 见引理7.

**引理 7** 考虑粮食安全时, 农户联合体, 企业和中央政府的均衡决策如下:

| 当 $\beta \leq 2/3$ 时            |             |             |             |             |             |             | 当 $\beta > 2/3$ 时                                                            |           |           |             |           |           |             |
|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-------------|-----------|-----------|-------------|
| 条件                              | $q_{GLu}^*$ | $w_{GLu}^*$ | $s_{GLu}^*$ | $q_{GLd}^*$ | $w_{GLd}^*$ | $s_{GLd}^*$ | 条件                                                                           | $q_{GLu}$ | $w_{GLu}$ | $s_{GLu}^*$ | $q_{GLd}$ | $w_{GLd}$ | $s_{GLd}^*$ |
| $\alpha \leq (D-c)/2$           |             |             |             |             |             |             | $\alpha \leq (D-c)/2$                                                        |           |           |             |           |           |             |
| $y \leq h_{40}$                 | $h_{51}$    | $h_{52}$    | 0           | $h_{51}$    | $h_{52}$    | 0           | $y \leq h_{40}$                                                              | $h_{51}$  | $h_{52}$  | 0           | $h_{51}$  | $h_{52}$  | 0           |
| $h_{40} < y \leq h_{41}$        | $h_{53}$    | $h_{54}$    | 0           | $h_{53}$    | $h_{54}$    | 0           | $h_{40} < y \leq h_{41}$                                                     | $h_{53}$  | $h_{54}$  | 0           | $h_{53}$  | $h_{54}$  | 0           |
| $h_{41} < y \leq h_{42}$        |             |             |             |             |             |             | $h_{41} < y \leq h_{42}$                                                     |           |           |             |           |           |             |
| $b \leq h_{47}$                 | $h_{56}$    | $h_{57}$    | $h_{55}$    | $h_{56}$    | $h_{54}$    | $h_{55}$    | $b \leq h_{47}$                                                              | $h_{56}$  | $h_{57}$  | $h_{55}$    | $h_{56}$  | $h_{54}$  | $h_{55}$    |
| $b > h_{47}$                    | $h_{59}$    | $h_{60}$    | $h_{58}$    | $h_{59}$    | $h_{54}$    | $h_{58}$    | $b > h_{47}$                                                                 | $h_{59}$  | $h_{60}$  | $h_{58}$    | $h_{59}$  | $h_{54}$  | $h_{58}$    |
| $y > h_{42}$                    | 0           | $h_{62}$    | $h_{61}$    | 0           | $h_{54}$    | $h_{61}$    | $y > h_{42}$                                                                 | 0         | $h_{62}$  | $h_{61}$    | 0         | $h_{54}$  | $h_{61}$    |
| $(D-c)/2 < \alpha \leq D-c$     |             |             |             |             |             |             | $(D-c)/2 < \alpha \leq D-c$                                                  |           |           |             |           |           |             |
| $y \leq h_{40}$                 | $h_{51}$    | $h_{52}$    | 0           | $h_{51}$    | $h_{52}$    | 0           | $y \leq h_{40}$                                                              | $h_{51}$  | $h_{52}$  | 0           | $h_{51}$  | $h_{52}$  | 0           |
| $h_{40} < y \leq h_{43}$        |             |             |             |             |             |             | $h_{40} < y \leq h_{43}$                                                     |           |           |             |           |           |             |
| $b \leq h_{48}$                 | $h_{56}$    | $h_{57}$    | $h_{55}$    | $h_{56}$    | $h_{54}$    | $h_{55}$    | $b \leq h_{48}$                                                              | $h_{56}$  | $h_{57}$  | $h_{55}$    | $h_{56}$  | $h_{54}$  | $h_{55}$    |
| $b > h_{48}$                    | $h_{64}$    | $h_{65}$    | $h_{63}$    | $h_{64}$    | $h_{54}$    | $h_{63}$    | $b > h_{48}$                                                                 | $h_{64}$  | $h_{65}$  | $h_{63}$    | $h_{64}$  | $h_{54}$  | $h_{63}$    |
| $h_{43} < y \leq h_{42}$        |             |             |             |             |             |             | $h_{43} < y \leq h_{42}$                                                     |           |           |             |           |           |             |
| $b \leq h_{47}$                 | $h_{56}$    | $h_{57}$    | $h_{55}$    | $h_{56}$    | $h_{54}$    | $h_{55}$    | $b \leq h_{47}$                                                              | $h_{56}$  | $h_{57}$  | $h_{55}$    | $h_{56}$  | $h_{54}$  | $h_{55}$    |
| $b > h_{47}$                    | $h_{59}$    | $h_{60}$    | $h_{58}$    | $h_{59}$    | $h_{54}$    | $h_{58}$    | $b > h_{47}$                                                                 | $h_{59}$  | $h_{60}$  | $h_{58}$    | $h_{59}$  | $h_{54}$  | $h_{58}$    |
| $y > h_{42}$                    | 0           | $h_{62}$    | $h_{61}$    | 0           | $h_{54}$    | $h_{61}$    | $y > h_{42}$                                                                 | 0         | $h_{62}$  | $h_{61}$    | 0         | $h_{54}$  | $h_{61}$    |
| $D-c < \alpha \leq 11(D-c)$     |             |             |             |             |             |             | $D-c < \alpha \leq \frac{(8-\beta)(D-c)}{\beta}$                             |           |           |             |           |           |             |
| $y \leq h_{40}$                 |             |             |             |             |             |             | $y \leq h_{40}$                                                              |           |           |             |           |           |             |
| $b \leq h_{49}$                 | $h_{67}$    | $h_{68}$    | $h_{66}$    | $h_{67}$    | $h_{69}$    | $h_{66}$    | $b \leq h_{49}$                                                              | $h_{67}$  | $h_{68}$  | $h_{66}$    | $h_{67}$  | $h_{69}$  | $h_{66}$    |
| $b > h_{49}$                    | $h_{71}$    | $h_{72}$    | $h_{70}$    | $h_{71}$    | $h_{73}$    | $h_{70}$    | $b > h_{49}$                                                                 | $h_{71}$  | $h_{72}$  | $h_{70}$    | $h_{71}$  | $h_{73}$  | $h_{70}$    |
| $h_{40} < y \leq h_{44}$        |             |             |             |             |             |             | $h_{40} < y \leq h_{44}$                                                     |           |           |             |           |           |             |
| $b \leq h_{48}$                 | $h_{56}$    | $h_{57}$    | $h_{55}$    | $h_{56}$    | $h_{54}$    | $h_{55}$    | $b \leq h_{48}$                                                              | $h_{56}$  | $h_{57}$  | $h_{55}$    | $h_{56}$  | $h_{54}$  | $h_{55}$    |
| $h_{48} < b \leq h_{49}$        | $h_{67}$    | $h_{68}$    | $h_{66}$    | $h_{67}$    | $h_{69}$    | $h_{66}$    | $h_{48} < b \leq h_{49}$                                                     | $h_{67}$  | $h_{68}$  | $h_{66}$    | $h_{67}$  | $h_{69}$  | $h_{66}$    |
| $b > h_{49}$                    | $h_{71}$    | $h_{72}$    | $h_{70}$    | $h_{71}$    | $h_{73}$    | $h_{70}$    | $b > h_{49}$                                                                 | $h_{71}$  | $h_{72}$  | $h_{70}$    | $h_{71}$  | $h_{73}$  | $h_{70}$    |
| $h_{44} < y \leq h_{43}$        |             |             |             |             |             |             | $h_{44} < y \leq h_{43}$                                                     |           |           |             |           |           |             |
| $b \leq h_{48}$                 | $h_{56}$    | $h_{57}$    | $h_{55}$    | $h_{56}$    | $h_{54}$    | $h_{55}$    | $b \leq h_{48}$                                                              | $h_{56}$  | $h_{57}$  | $h_{55}$    | $h_{56}$  | $h_{54}$  | $h_{55}$    |
| $b > h_{48}$                    | $h_{64}$    | $h_{65}$    | $h_{63}$    | $h_{64}$    | $h_{54}$    | $h_{63}$    | $b > h_{48}$                                                                 | $h_{64}$  | $h_{65}$  | $h_{63}$    | $h_{64}$  | $h_{54}$  | $h_{63}$    |
| $h_{43} < y \leq h_{42}$        |             |             |             |             |             |             | $h_{43} < y \leq h_{42}$                                                     |           |           |             |           |           |             |
| $b \leq h_{47}$                 | $h_{56}$    | $h_{57}$    | $h_{55}$    | $h_{56}$    | $h_{54}$    | $h_{55}$    | $b \leq h_{47}$                                                              | $h_{56}$  | $h_{57}$  | $h_{55}$    | $h_{56}$  | $h_{54}$  | $h_{55}$    |
| $b > h_{47}$                    | $h_{59}$    | $h_{60}$    | $h_{58}$    | $h_{59}$    | $h_{54}$    | $h_{58}$    | $b > h_{47}$                                                                 | $h_{59}$  | $h_{60}$  | $h_{58}$    | $h_{59}$  | $h_{54}$  | $h_{58}$    |
| $y > h_{42}$                    | 0           | $h_{62}$    | $h_{61}$    | 0           | $h_{54}$    | $h_{61}$    | $y > h_{42}$                                                                 | 0         | $h_{62}$  | $h_{61}$    | 0         | $h_{54}$  | $h_{61}$    |
| $11(D-c) < \alpha \leq 15(D-c)$ |             |             |             |             |             |             | $\frac{(8-\beta)(D-c)}{\beta} < \alpha \leq \frac{(32-3\beta)(D-c)}{3\beta}$ |           |           |             |           |           |             |
| $y \leq h_{40}$                 |             |             |             |             |             |             | $y \leq h_{40}$                                                              |           |           |             |           |           |             |
| $b \leq h_{49}$                 | $h_{67}$    | $h_{68}$    | $h_{66}$    | $h_{67}$    | $h_{69}$    | $h_{66}$    | $b \leq h_{49}$                                                              | $h_{67}$  | $h_{68}$  | $h_{66}$    | $h_{67}$  | $h_{69}$  | $h_{66}$    |
| $b > h_{49}$                    | $h_{71}$    | $h_{72}$    | $h_{70}$    | $h_{71}$    | $h_{73}$    | $h_{70}$    | $b > h_{49}$                                                                 | $h_{71}$  | $h_{72}$  | $h_{70}$    | $h_{71}$  | $h_{73}$  | $h_{70}$    |
| $h_{40} < y \leq h_{44}$        |             |             |             |             |             |             | $h_{40} < y \leq h_{44}$                                                     |           |           |             |           |           |             |
| $b \leq h_{48}$                 | $h_{56}$    | $h_{57}$    | $h_{55}$    | $h_{56}$    | $h_{54}$    | $h_{55}$    | $b \leq h_{48}$                                                              | $h_{56}$  | $h_{57}$  | $h_{55}$    | $h_{56}$  | $h_{54}$  | $h_{55}$    |
| $h_{48} < b \leq h_{49}$        | $h_{67}$    | $h_{68}$    | $h_{66}$    | $h_{67}$    | $h_{69}$    | $h_{66}$    | $h_{48} < b \leq h_{49}$                                                     | $h_{67}$  | $h_{68}$  | $h_{66}$    | $h_{67}$  | $h_{69}$  | $h_{66}$    |
| $b > h_{49}$                    | $h_{71}$    | $h_{72}$    | $h_{70}$    | $h_{71}$    | $h_{73}$    | $h_{70}$    | $b > h_{49}$                                                                 | $h_{71}$  | $h_{72}$  | $h_{70}$    | $h_{71}$  | $h_{73}$  | $h_{70}$    |
| $h_{44} < y \leq h_{45}$        |             |             |             |             |             |             | $h_{44} < y \leq h_{81}$                                                     |           |           |             |           |           |             |
| $b \leq h_{48}$                 | $h_{56}$    | $h_{57}$    | $h_{55}$    | $h_{56}$    | $h_{54}$    | $h_{55}$    | $b \leq h_{48}$                                                              | $h_{56}$  | $h_{57}$  | $h_{55}$    | $h_{56}$  | $h_{54}$  | $h_{55}$    |
| $b > h_{48}$                    | $h_{64}$    | $h_{65}$    | $h_{63}$    | $h_{64}$    | $h_{54}$    | $h_{63}$    | $b > h_{48}$                                                                 | $h_{64}$  | $h_{65}$  | $h_{63}$    | $h_{64}$  | $h_{54}$  | $h_{63}$    |
| $h_{45} < y \leq h_{46}$        |             |             |             |             |             |             | $h_{81} < y \leq h_{82}$                                                     |           |           |             |           |           |             |
| $b \leq h_{50}$                 | $h_{56}$    | $h_{57}$    | $h_{55}$    | $h_{56}$    | $h_{54}$    | $h_{55}$    | $b \leq h_{83}$                                                              | $h_{56}$  | $h_{57}$  | $h_{55}$    | $h_{56}$  | $h_{54}$  | $h_{55}$    |
| $b > h_{50}$                    | $h_{75}$    | $h_{76}$    | $h_{74}$    | $h_{75}$    | $h_{54}$    | $h_{74}$    | $b > h_{83}$                                                                 | $h_{86}$  | $h_{87}$  | $h_{85}$    | $h_{86}$  | $h_{54}$  | $h_{85}$    |

| 当 $\beta \leq 2/3$ 时     |             |             |             |             |             |             | 当 $\beta > 2/3$ 时                          |           |           |             |           |           |             |
|--------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------------------------|-----------|-----------|-------------|-----------|-----------|-------------|
| 条件                       | $q_{GLu}^*$ | $w_{GLu}^*$ | $s_{GLu}^*$ | $q_{GLd}^*$ | $w_{GLd}^*$ | $s_{GLd}^*$ | 条件                                         | $q_{GLu}$ | $w_{GLu}$ | $s_{GLu}^*$ | $q_{GLd}$ | $w_{GLd}$ | $s_{GLd}^*$ |
| $h_{46} < y \leq h_{42}$ |             |             |             |             |             |             | $h_{82} < y \leq h_{42}$                   |           |           |             |           |           |             |
| $b \leq h_{47}$          | $h_{56}$    | $h_{57}$    | $h_{55}$    | $h_{56}$    | $h_{54}$    | $h_{55}$    | $b \leq h_{47}$                            | $h_{56}$  | $h_{57}$  | $h_{55}$    | $h_{56}$  | $h_{54}$  | $h_{55}$    |
| $b > h_{47}$             | $h_{59}$    | $h_{60}$    | $h_{58}$    | $h_{59}$    | $h_{54}$    | $h_{58}$    | $b > h_{47}$                               | $h_{59}$  | $h_{60}$  | $h_{58}$    | $h_{59}$  | $h_{54}$  | $h_{58}$    |
| $y > h_{42}$             | 0           | $h_{62}$    | $h_{61}$    | 0           | $h_{54}$    | $h_{61}$    | $y > h_{42}$                               | 0         | $h_{62}$  | $h_{61}$    | 0         | $h_{54}$  | $h_{61}$    |
| $\alpha > 15(D-c)$       |             |             |             |             |             |             | $\alpha > \frac{(32-3\beta)(D-c)}{3\beta}$ |           |           |             |           |           |             |
| $y \leq h_{40}$          |             |             |             |             |             |             | $y \leq h_{40}$                            |           |           |             |           |           |             |
| $b \leq h_{77}$          | $h_{67}$    | $h_{68}$    | $h_{66}$    | $h_{67}$    | $h_{69}$    | $h_{66}$    | $b \leq h_{84}$                            | $h_{67}$  | $h_{68}$  | $h_{66}$    | $h_{67}$  | $h_{69}$  | $h_{66}$    |
| $b > h_{77}$             | $h_{79}$    | $h_{76}$    | $h_{78}$    | $h_{79}$    | $h_{80}$    | $h_{78}$    | $b > h_{84}$                               | $h_{86}$  | $h_{87}$  | $h_{88}$    | $h_{86}$  | $h_{89}$  | $h_{88}$    |
| $h_{40} < y \leq h_{45}$ |             |             |             |             |             |             | $h_{40} < y \leq h_{81}$                   |           |           |             |           |           |             |
| $b \leq h_{48}$          | $h_{56}$    | $h_{57}$    | $h_{55}$    | $h_{56}$    | $h_{54}$    | $h_{55}$    | $b \leq h_{48}$                            | $h_{56}$  | $h_{57}$  | $h_{55}$    | $h_{56}$  | $h_{54}$  | $h_{55}$    |
| $h_{48} < b \leq h_{77}$ | $h_{67}$    | $h_{68}$    | $h_{66}$    | $h_{67}$    | $h_{69}$    | $h_{66}$    | $h_{48} < b \leq h_{84}$                   | $h_{67}$  | $h_{68}$  | $h_{66}$    | $h_{67}$  | $h_{69}$  | $h_{66}$    |
| $b > h_{77}$             | $h_{79}$    | $h_{76}$    | $h_{78}$    | $h_{79}$    | $h_{80}$    | $h_{78}$    | $b > h_{84}$                               | $h_{86}$  | $h_{87}$  | $h_{88}$    | $h_{86}$  | $h_{89}$  | $h_{88}$    |
| $h_{45} < y \leq h_{46}$ |             |             |             |             |             |             | $h_{81} < y \leq h_{82}$                   |           |           |             |           |           |             |
| $b \leq h_{50}$          | $h_{56}$    | $h_{57}$    | $h_{55}$    | $h_{56}$    | $h_{54}$    | $h_{55}$    | $b \leq h_{83}$                            | $h_{56}$  | $h_{57}$  | $h_{55}$    | $h_{56}$  | $h_{54}$  | $h_{55}$    |
| $b > h_{50}$             | $h_{75}$    | $h_{76}$    | $h_{74}$    | $h_{75}$    | $h_{54}$    | $h_{74}$    | $b > h_{83}$                               | $h_{86}$  | $h_{87}$  | $h_{85}$    | $h_{86}$  | $h_{54}$  | $h_{85}$    |
| $h_{46} < y \leq h_{42}$ |             |             |             |             |             |             | $h_{82} < y \leq h_{42}$                   |           |           |             |           |           |             |
| $b \leq h_{47}$          | $h_{56}$    | $h_{57}$    | $h_{55}$    | $h_{56}$    | $h_{54}$    | $h_{55}$    | $b \leq h_{47}$                            | $h_{56}$  | $h_{57}$  | $h_{55}$    | $h_{56}$  | $h_{54}$  | $h_{55}$    |
| $b > h_{47}$             | $h_{59}$    | $h_{60}$    | $h_{58}$    | $h_{59}$    | $h_{54}$    | $h_{58}$    | $b > h_{47}$                               | $h_{59}$  | $h_{60}$  | $h_{58}$    | $h_{59}$  | $h_{54}$  | $h_{58}$    |
| $y > h_{62}$             | 0           | $h_{62}$    | $h_{61}$    | 0           | $h_{54}$    | $h_{61}$    | $y > h_{42}$                               | 0         | $h_{62}$  | $h_{61}$    | 0         | $h_{54}$  | $h_{61}$    |

注:  $h_{40} = (D-c)n/[4(1-\theta)]$ ,  $h_{41} = [(D-c)n - \alpha n]/[2(1-\theta)]$ ,  $h_{42} = [(D-c)n + \alpha n]/[2(1-\theta)]$ ,  $h_{43} = [(D-c)n + \alpha n]/[6(1-\theta)]$ ,  $h_{44} = [(D-c)n + \alpha n]/[8(1-\theta)]$ ,  $h_{45} = 2(D-c)n/(1-\theta)$ ,  $h_{46} = [\alpha n - 7(D-c)n]/[2(1-\theta)]$ ,  $h_{47} = 3[(D-c)n + \alpha n - 2(1-\theta)y][\alpha n + 2(1-\theta)y - (D-c)n]/(32an^2)$ ,  $h_{48} = 3y(1-\theta)[4y(1-\theta) - (D-c)n]/(4an^2)$ ,  $h_{49} = 3[\alpha^2 - (D-c)^2]/(64a)$ ,  $h_{50} = 3(D-c)[3(D-c)n + 2y(1-\theta)]/(2an)$ ,  $h_{51} = 3(D-c)/(8an)$ ,  $h_{52} = (D-c)n/4$ ,  $h_{53} = [3(D-c)n - 6(1-\theta)y]/(4an^2)$ ,  $h_{54} = (1-\theta)y$ ,  $h_{55} = [6y(1-\theta) - 3n(D-c) + \sqrt{96abn^2 + 9[3y(1-\theta) - n(D-c)]^2}]/12$ ,  $h_{56} = [3n(D-c) - 6y(1-\theta) + \sqrt{96abn^2 + 9[3y(1-\theta) - n(D-c)]^2}]/(8an^2)$ ,  $h_{57} = (1-\theta)y - h_{55}$ ,  $h_{58} = [2y(1-\theta) - (D-c)n + \alpha n]/4$ ,  $h_{59} = [3(D-c)n + 3\alpha n - 6y(1-\theta)]/(8an^2)$ ,  $h_{60} = (1-\theta)y - h_{58}$ ,  $h_{61}$  为区间  $[0, 2(1-\theta)y - (D-c)n]/2$  上的任意值,  $h_{62} = (1-\theta)y - h_{61}$ ,  $h_{63} = [4(1-\theta)y - (D-c)n]/2$ ,  $h_{54} = 3y(1-\theta)/(2an^2)$ ,  $h_{65} = (1-\theta)y - h_{63}$ ,  $h_{66} = n[\sqrt{9(D-c)^2 + 192ab} - 3(D-c)]/12$ ,  $h_{67} = [\sqrt{9(D-c)^2 + 192ab} + 3(D-c)]/(16an)$ ,  $h_{68} = [9(D-c) - \sqrt{9(D-c)^2 + 192ab}]n/24$ ,  $h_{69} = [3(D-c) + \sqrt{9(D-c)^2 + 192ab}]n/24$ ,  $h_{70} = [\alpha n - n(D-c)]/4$ ,  $h_{71} = 3(D-c + \alpha)/(16an)$ ,  $h_{72} = [3n(D-c) - \alpha n]/8$ ,  $h_{73} = n(\alpha + D-c)/8$ ,  $h_{74} = [3(D-c)n + 2y(1-\theta)]/2$ ,  $h_{75} = 3(D-c)/an$ ,  $h_{76} = -3(D-c)n/2$ ,  $h_{77} = 21(D-c)^2/(2a)$ ,  $h_{78} = 7(D-c)n/2$ ,  $h_{79} = 3(D-c)/an$ ,  $h_{80} = 2(D-c)n$ ,  $h_{81} = 4(D-c)n/[3(1-\theta)\beta]$ ,  $h_{82} = [3(D-c)\beta + 3\alpha\beta - 16(D-c)n]/[6(1-\theta)\beta]$ ,  $h_{83} = (D-c)[(8-3\beta)(D-c)n + 6(1-\theta)\beta y]/(3a\beta^2n)$ ,  $h_{84} = (16-3\beta)(D-c)^2/(3a\beta^2)$ ,  $h_{85} = [(8-3\beta)(D-c)n + 6y(1-\theta)\beta]/(6\beta)$ ,  $h_{86} = 2(D-c)/(n\beta a)$ ,  $h_{87} = (3\beta-8)(D-c)n/(6\beta)$ ,  $h_{88} = (16-3\beta)(D-c)n/(6\beta)$ ,  $h_{89} = 4(D-c)n/(3\beta)$ .