

引用格式:邵留国,王子杨,蓝婷婷.中国新能源汽车产业震荡的形成机制与对策[J].资源科学,2022,44(7):1316-1330.[Shao L G, Wang Z Y, Lan T T. Formation mechanism and countermeasures of China's new energy vehicle industry shakeouts[J]. Resources Science, 2022, 44(7): 1316-1330.] DOI: 10.18402/resci.2022.07.02

中国新能源汽车产业震荡的形成机制与对策

邵留国^{1,2},王子杨¹,蓝婷婷^{1,2}

(1. 中南大学商学院,长沙 410083;2. 中南大学金属资源战略研究院,长沙 410083)

摘要:新能源汽车产业作为战略性新兴产业,对解决环境和能源困境至关重要,但产业震荡可能会阻碍其健康发展。本文从产业链上下游的角度研究产业震荡的原因和形成机制,并基于系统动力学建模方法,构建了“锂离子电池-新能源汽车”全产业链模型,通过情景模拟分析了产业震荡的形成机制和各政策因素对产业震荡的减弱效果。结果表明:①新能源汽车产业将发生3次产业震荡,分别在2022年、2026—2029年以及2030—2031年,产业发展中期发生的震荡持续时间最长且最剧烈,在产业发展成熟后,震荡将逐渐减弱;②补贴、技术创新、资本投资规模、市场准入规模等政策因素是造成新能源汽车产业发生产业震荡的重要原因。补贴、技术创新、资本投资规模通过控制新能源汽车的产能和价格间接控制新能源汽车的供给,进而引发产业震荡。市场准入规模对新能源汽车的供给产生直接影响,使其发生产业震荡;③对政策因素进行调整可以缓解产业震荡,但在不同时期内各因素的缓解效果不尽相同。因此,本文认为,缓解产业震荡可以通过调整补贴、技术创新、资本投资规模和市场准入规模等方式进行综合调控。

关键词:新能源汽车;锂离子电池;产业链;产业震荡;系统动力学

DOI: 10.18402/resci.2022.07.02

1 引言

随着环境污染治理需求的日益增长以及化石能源的逐渐枯竭,推动作为中国七大战略性新兴产业之一的新能源汽车产业的发展,已经成为解决当前环境和能源困境的重要策略^[1-4]。然而,如果推动产业发展的各种因素不能起到很好的协同效果,就可能会使得战略性新兴产业出现“震荡期”^[5],阻碍其发展。产业震荡不利于产业的良性发展,多表现为产量和产能大幅波动、供给和需求不匹配、价格骤升骤降或企业进入和退出数量的大幅变化等^[6,7]。战略性新兴产业特别是新能源产业的产业震荡现象十分常见,造成了巨大的资源和资本浪费。例如,在欧美国家下调光伏补贴力度后,光伏产品需求大幅缩减,产品价格暴跌,滞销严重,行业内三分之一的企业处于停产或半停产状态,大批企业资金

链断裂甚至倒闭^[6]。

作为中国重要新能源产业之一的新能源汽车产业在培育期获得了快速发展。高工产研锂电研究所(GGII)的数据显示,2020年新能源汽车的产量相较于2010年增长了170余倍。但是在2017年和2019年,新能源汽车行业经历了两轮波动,新能源汽车行业景气指数(中国电动汽车百人会编制)下滑,大批企业调整退出(图1)。目前,在全球碳达峰、碳中和等发展目标的激励下,对低碳能源和新能源的需求激增,也加剧了中国新能源汽车行业未来出现产能过剩的风险。2020年10月,国务院办公厅印发了《新能源汽车产业发展规划(2021—2035年)》,明确指出要“遏制盲目上马新能源汽车整车制造项目等乱象”。

虽然有学者认为新能源汽车作为新兴产业,在

收稿日期:2022-02-19,修订日期:2022-05-11

基金项目:国家自然科学基金项目(71974208);国家自然科学基金重点项目(71633006);2018湖南省智库专项课题(18ZWB20)。

作者简介:邵留国,男,山东汶上人,教授,研究方向为资源经济学。E-mail: shaoliuguo@qq.com

通讯作者:蓝婷婷,女,湖南怀化人,博士生,研究方向为资源经济学。E-mail: 251854707@qq.com

2022年7月

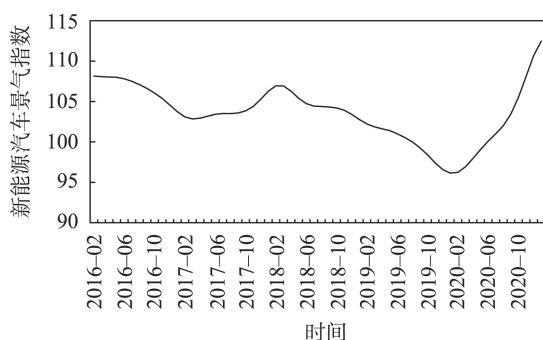


图1 2016—2020年新能源汽车行业景气指数

Figure 1 Prosperity index of new energy vehicle industry, 2016-2020

发展初期经历产能膨胀是正常现象,但有光伏产业震荡、传统制造业产能过剩治理痼疾等前车之鉴,新能源汽车的产业震荡议题亟需进行研究并加以遏制。

对新能源汽车产业而言,具有以下复杂情况:

①在全球碳排放议题的激励下,当前投资呈现出了一拥而上的过热倾向。②新能源汽车购置补贴政策逐步淡出,产业发展动力由政策驱动切换为市场驱动,但补贴降幅过大导致企业盈利能力大幅降低,因此市场效应较差;与此同时,新能源汽车产业技术不断升级会使商品的成本和价格降低,两者叠加将导致无优势企业退出,可能在短期内造成较大的产业震荡。③更重要也更为特殊的一点是,作为上游的锂离子电池生产环节,其供给水平和价格会影响到新能源汽车产业的稳定发展。锂离子电池被称为新能源汽车的“心脏”,在新能源汽车成本中占据很高的比例^[8],其生产环节对新能源汽车生产环节有着巨大影响,这进一步增加了新能源汽车产业震荡分析的复杂性。从产业链视角来看,一方面,企业投资行为、技术创新水平、锂钴等关键矿产资源约束等造成的锂离子电池产业震荡可能会外溢给下游的新能源汽车生产环节,另一方面,新能源汽车企业为了争夺话语权,提前向锂离子电池厂商抛出意向订单,可能导致上游锂离子的电池真实需求被放大,从而产生牛鞭效应对市场投资信号造成扭曲。

而当前关于产业震荡的文章大多只从整体视角出发,用企业进入退出数量衡量产业震荡,在宏观层面进行单一环节震荡机制的研究,忽略了多个环节之间可能存在的关联关系。新能源汽车产业

链包括多个核心产业环节,如电池、电机和电控等,其中锂离子电池是新能源汽车产业链中最为重要的环节,且在整车成本中占比较高^[9]。基于此,本文将选择锂离子电池为产业链上游研究对象,新能源汽车(产业链下游的新能源汽车指的是新能源汽车整车,文中用新能源汽车表示)为下游研究对象,从产业链视角对新能源汽车的产业震荡展开研究。

在对新能源汽车产业的相关问题展开研究时,系统动力学是常见方法,有学者通过建立多方政策互动影响的系统动力学模型,模拟不同政策对新能源汽车市场占有率的影响^[10-12],如Song等^[13]使用系统动力学描述补贴政策、新能源汽车销量和新能源汽车使用之间的反馈关系,模拟和分析中国新能源汽车行业的未来发展情况。因此,本文采用系统动力学方法对新能源汽车全产业链进行仿真建模,力图对新能源汽车未来的震荡趋势进行预测,并进行情景模拟,厘清造成新能源汽车产业震荡的原因,揭示中国新能源汽车产业震荡发生的内在作用机制,找到有效缓解新能源汽车产业震荡的策略,从而为引导战略性新兴产业健康发展提供参考。

2 文献综述

2.1 产业震荡的影响因素

现有研究表明,技术创新水平、政府干预和投资行为等因素将导致产业震荡的发生。Jovanovic等^[14]首次提出,技术创新会引发企业内部强烈的竞争,是触发产业震荡的关键因素之一。因为基于竞争优势理论,在技术创新过程中,商品的成本和价格将会降低,这将导致无优势企业退出^[15],从而导致产业震荡。此外,“干中学”也会使得企业的边际成本和边际收益逐渐下降,导致企业难以生存,从而引发产业震荡^[16]。在新兴业态中,企业在发展初期会选择投资一个较小的产能水平,一旦技术的不确定性得到解决,一些企业将进行产能扩张,而另一些企业则被迫退出,从而触发产业震荡^[17]。而在企业选择新进入某个行业时,具备相关技术的源头企业比其他新进入企业更容易生存下来^[18],这种技术差异也会引发产业震荡。此外,也有研究认为德国工业4.0会增加部分企业进入市场的难度,使信息和通讯技术产业发生震荡^[19]。因此,为了应对产业

震荡,除了占据技术竞争优势,还要加强企业自身的竞争优势并适应市场是企业生存的关键^[20]。

政府干预是造成产业震荡的重要因素^[21]。政府对经济的干预,会通过成本外部化效应、投资补贴效应和风险外部化效应扭曲企业的投资行为^[22],破坏正常的市场经济秩序^[23],造成产能过剩,最终导致产业震荡。政府出台的补贴政策会改变商品的成本和价格,可能会使得产业无法维持稳定发展^[13]。此外,有学者从供需视角进行研究,认为政府主导的举债投资和土地优惠政策等是引起产能过剩的主要原因^[24]。而从供需侧的政策对比来看,当供给侧产业政策数量多于需求侧的激励政策时,企业在进入新兴产业时会表现出“羊群行为”,引发明显的产业震荡现象^[7]。

投资行为也会导致产业震荡的发生。社会对发展前景良好的行业具有的普遍共识会引起“潮涌现象”,使企业数量和社会投资增加,行业中发生严重的产能过剩,导致商品价格大幅下跌,并伴随着银行坏账等更加严重的后果^[25,26]。且产能过剩会对企业进入造成实质性的威胁^[27]。进一步地,市场规模和产能利用率也会对产能过剩造成影响^[28]。另一方面,投资潮涌行为会使企业管理者对当前产业过度自信,导致企业盲目进入,造成行业内的产业震荡^[29]。

2.2 新能源汽车发展的影响因素

当前,关于产业震荡的研究多以汽车、轮胎等传统产业以及战略性新兴产业中的光伏产业为研究对象^[15,16,25,26,35],很少涉及新能源汽车产业。而且由于新能源汽车产业发展存在区域不平衡等问题,现有研究更多聚焦于评估新能源汽车补贴政策对新能源汽车产业发展的影响,特别是对新能源汽车拥有成本、购买意愿及市场占有率的影响。

能源和环境的严峻形势、技术的快速发展以及政府的扶持政策是中国新能源汽车发展的3个主要影响因素^[3],其中又以政府扶持政策的影响最为突出。在对新能源汽车销量影响的研究中, Ma等^[30]对新能源汽车销售和行驶直接相关的政策进行审查和量化,分析这些政策对新能源汽车市场份额和新能源汽车销售的影响路径。Sun等^[31]探讨了消费者补贴和制造商补贴对新能源汽车普及速度和销量

的不同影响。此外, Hao等^[32]分析了新能源汽车购买补贴对汽车拥有成本的影响。Zhang等^[33]揭示了感知和动机对新能源汽车普及的影响路径,认为感知到的经济利益、环境利益和风险会关系到消费者对新能源汽车的购买态度,从而影响新能源汽车的普及。Yang等^[34]还从内部和外部两个角度确定了能够鼓励消费者购买新能源汽车的因素。

2.3 系统动力学方法

由于连续记录企业数据存在一定的难度,学者们经常通过构建生产函数、生存风险模型等数理模型分析产业震荡的原因和影响^[7,21,24,28]。虽然这些方法具有较强的稳健性,但不能体现产业间的内部关联关系和动态演变规律,也无法预测产业震荡的发展趋势。

系统动力学认为,系统的行为特性主要根植于系统内部的动态结构与反馈机制。系统动力学从系统内部的微观结构(因果反馈关系)入手进行建模,借助计算模拟探索系统结构与行为之间的内在关系,剖析系统行为模式,进而研究解决问题的对策。系统动力学能够反映多个变量之间的复杂时变关系,适宜处理多回路、非线性的复杂时变系统,能够仿真预测系统的未来状态和行为模式^[36]。在系统动力学中,可以通过调整参数和结构来模拟不同政策对产业造成的影响,因此被称为“政策实验室”^[37]。目前系统动力学方法在物流系统仿真、商品周期波动仿真、能源消费结构演化等经济管理领域已有大量应用^[38-41]。而新能源汽车等战略性新兴产业的产业链之间存在复杂的生产、消费、库存关系,且产业震荡研究涉及的时间跨度需高达20年或更长,因此运用系统动力学方法研究产业震荡的相关问题具有很高的适配度。

综上可知,现有研究多用企业进入、退出数量衡量产业震荡并分析震荡形成的原因,缺少产业链视角的研究,且忽略了产业链上下游环节之间可能存在的相互影响。而新能源汽车产业在全球能源转型加速的背景下获得了快速发展,其产业安全问题亟待研究。基于此,本文使用系统动力学方法对中国新能源汽车产业链进行建模仿真,梳理新能源汽车产业上下游各个关键环节之间的震荡传播机

2022年7月

理,既拓展产业震荡研究的全产业链视角,也为战略性新兴产业的产业震荡提供理论研究范本。

3 新能源汽车上下游系统动力学模型构建

系统动力学能够对产业各环节进行建模,并清楚地呈现出复杂的因果关系,帮助我们找出产业震荡的内在关联关系^[40]。本文的模型采用VENSIM软件构建。首先定义模型的系统边界,然后构建因果回路,最后建立库存和流量。

3.1 模型边界

本模型将中国作为空间边界。锂离子电池在动力电池中占据绝大部分的市场份额,因此选择锂离子电池作为产业链上游研究对象。系统中的锂离子电池只考虑用于新能源汽车生产的部分,其他领域的锂离子电池在本系统中不予考虑。根据乘用车市场信息联席会数据显示,纯电动汽车市场占比持续稳定在80%左右,本系统只选取纯电动汽车为代表的新能源汽车作为产业链下游研究对象。鉴于数据的可获得性,模拟运行时间为2010—2035年,并将1年设定为时间步长。从产业链上下游来看,这一时期包括新能源汽车补贴退坡和锂离子电池技术逐渐成熟引起的锂离子电池成本下降^[42]。

3.2 因果循环回路

分析新能源汽车产业发生产业震荡的原因,需要关注各变量之间的反馈关系及其对系统的影响。如图2所示,新能源汽车产业系统共包括7个反馈回路(B1、B2、B3、B4、B5、B6、R1)。其中有6个负反馈回路和1个正反馈回路。

其中,在B3回路中,新能源汽车供给增加会使其价格降低,刺激消费者需求,直接促进消费者对新能源汽车的消费。大量的消费会消耗现有库存,使供给降低,最终价格重新升到原有水平。B1、B2、B4、B5同理。在B6回路中,新能源汽车成本和价格受锂离子电池价格的正向影响,同步升高。消费者受价格影响后降低需求。此时锂离子电池库存开始积压,供给量升高,导致锂离子电池价格降低,新能源汽车成本再次回归原来水平。R1循环回路阐述了产业链上下游之间的生产关系。在本系统中,由于锂离子电池的需求完全由新能源汽车需求决定,因此锂离子电池的消费量决定了有多少锂离子电池可以用于新能源汽车的生产。不断升高的新能源汽车产量使供给量同步增加,价格降低,需求升高,从而再次促进锂离子电池消费。

3.3 模型构建

由于系统中锂离子电池的需求完全由新能源

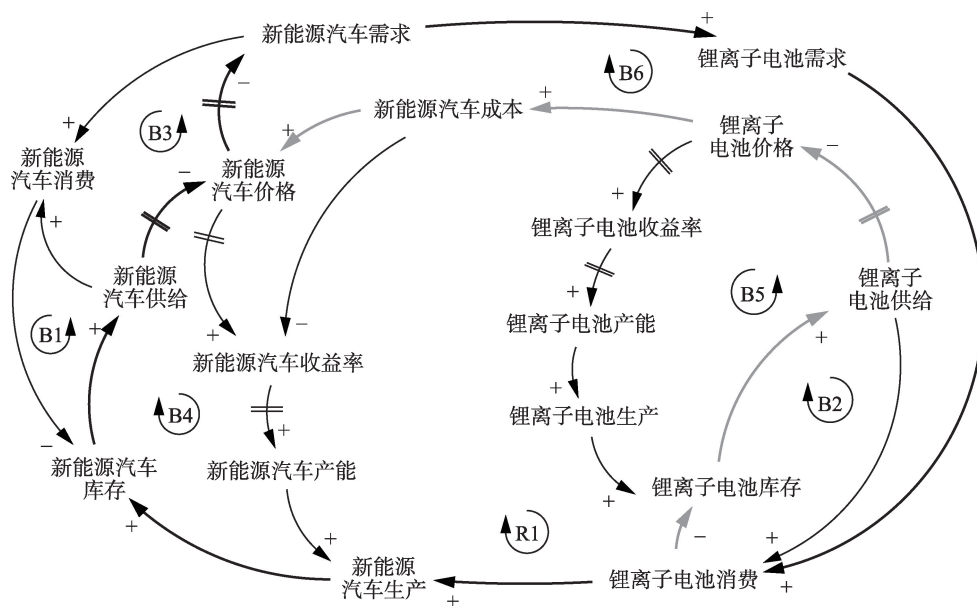


图2 新能源汽车产业链模型结构图

Figure 2 Structural model diagram of new energy vehicle industry chain

汽车需求决定,因此,产业链上游未设置锂离子需求子系统,其余子系统与下游相同,此处省略了锂离子电池相关子系统的介绍。

模型假设:

假设1:根据国际能源署^[42],本文假设在2030年,纯电动汽车在新能源汽车中的占比为70%~80%。

假设2:假设锂离子电池的需求完全由新能源汽车需求决定。且每辆纯电动汽车的锂离子电池用量为35 kW·h^[42]。

假设3:根据产业信息网数据,假设锂离子电池价格占新能源汽车总成本的40%。且随着锂离子电池技术逐渐成熟及中国政府在研发方面的大力投入,锂离子电池成本逐年降低,假定年下降率为5%。

假设4:根据文献^[43],中国绝大多数废弃的锂离子电池被当作一般废物处理,因此假设系统中无锂离子电池回收。

3.4 数据来源及主要公式

模型中的外生变量为新能源汽车参考行业需求。2016—2020年新能源汽车参考行业需求的数据来自中国产业信息网,并使用MATLAB对2010—2015年的数据进行拟合。且根据德勤预测数据,2030年中国新能源汽车需求量将超过1500万辆。模型主要变量及计算公式如下:

(1)新能源汽车价格=交易商预期新能源汽车价格×新能源汽车库存周转率对价格的影响×新能源汽车成本对价格的影响(单位:元/辆)

(2)新能源汽车行业需求=SMOOTH(新能源汽车指示行业需求,新能源汽车需求调整延迟时间,新能源汽车参考行业需求)(单位:辆/年)

(3)新能源汽车产能=新能源汽车资产存量×新能源汽车资本生产力(单位:辆/年)

(4)新能源汽车单位成本=新能源汽车初始价格+锂离子电池使用量×锂离子电池价格-补贴(单位:元/辆)

(5)新能源汽车供给=新能源汽车最大发货速率×新能源汽车订单完成率×新能源汽车最小订单处理时间+新能源汽车生产速率(单位:辆/年)

3.5 模型检验

新能源汽车的需求、生产及市场均衡状态是研究产业震荡的核心环节,在进行模型检验时应主要从这三方面来选择指标。其中,需求变量在本系统中为外生变量,在考虑数据可得性的前提下,生产环节选择新能源汽车生产速率与锂离子电池生产速率2个指标。市场均衡状态可以用供需比和价格衡量,由于价格受到更多不确定性因素的影响,波动较大,因此选择供需比更合适。

3.5.1 真实性检验

模型真实性检验可以验证构建的模型是否可以解决当前研究的问题。本文选择新能源汽车生产速率与锂离子电池生产速率2个指标对模型进行真实性检验。在模型中输入2015—2020年新能源汽车需求值,运行模型后获得对应期间的新能源汽车生产速率与锂离子电池生产速率,与各自的真实值进行比较。

纯电动汽车产量真实值取自Wind数据库。锂离子电池产量真实值取自OFWEEK锂电网,其中纯电动汽车使用的锂离子电池占锂离子电池整体消耗的24%^[44]。假设2016年与2017年保持此比例不变,2017年以后新能源汽车中的锂离子电池使用量占锂离子电池整体消耗的比例以每年5%的速率递增。

真实性检验结果如图3所示,比较结果显示,系统运行结果与历史值在数值和变化趋势上都十分接近,拟合效果良好。因此,该模型可用于模拟新能源汽车上下游产业。

3.5.2 极端条件检验

模型极端条件检验的目的是检验极端条件下模型变量的行为是否与普通条件下一致,可以验证模型的稳健性。供需比是进行极端条件检验时的常用指标^[40,45],能够检验当供给突然为零、需求无限增大等极端条件下系统能否正常运行。首先我们将需求设置为无穷大,结果如图4a所示,观察到供需比无限趋近于零。我们再将供给设置为无穷小,结果如图4b所示,观察到供需比同样无限趋近于零。我们也对补贴和技术创新进行了极端条件设置,发现新能源汽车价格随之发生改变,最终供需比同样产生了合理的变化。

2022年7月

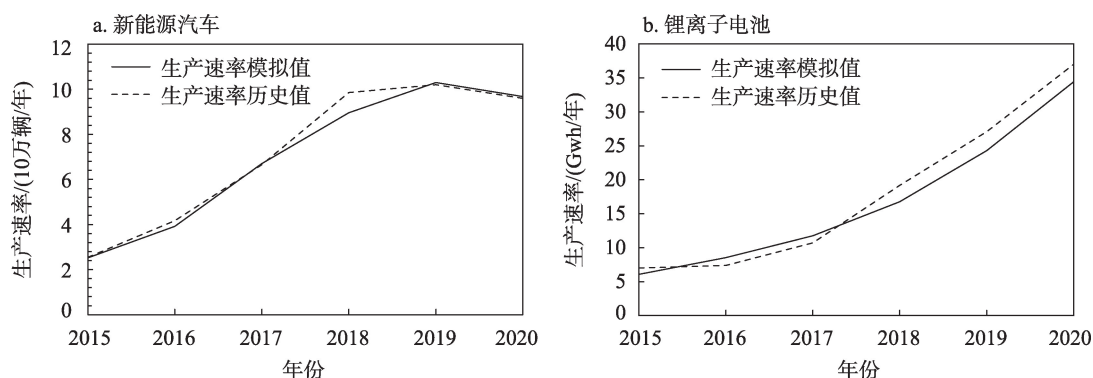


图3 2015—2020年新能源汽车生产速率(a)和锂离子电池生产速率(b)真实值检验

Figure 3 Authenticity test of new energy vehicle production rate (a) and lithium-ion battery production rate (b), 2015-2020

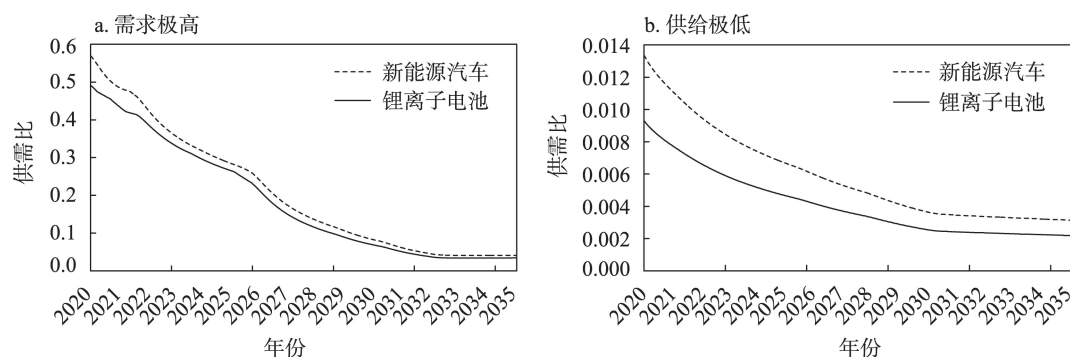


图4 2020—2035年高需求值(a)和低供给值(b)下极端条件检验

Figure 4 Extreme condition test under high demand value (a) and low supply value (b) scenarios, 2020-2035

3.5.3 敏感性测试

敏感性测试能够检验模型假设的合理性。供需比是本文分析产业震荡的主要指标,因此选择供需比作为输出结果。本文对假设中涉及到的锂离子电池用量、锂离子电池在新能源汽车中的成本占比、锂离子电池成本下降率等3个变量进行多参数敏感性测试。根据Choi等^[45]的研究,选择这些变量基准值的90%为最小值,110%为最大值,在该区间

内按照随机正态分布模拟200次,观察模型所有输出值的轨迹图。如图5所示,模拟结果的带宽波动幅度较小,且模拟结果的均值曲线与供需比基准值曲线基本吻合,证明模型通过敏感性测试。

4 结果与分析

4.1 新能源汽车产业震荡界定与趋势预测

4.1.1 新能源汽车产业震荡界定

产业震荡状态是一种非平衡状态^[20,46]。大多数

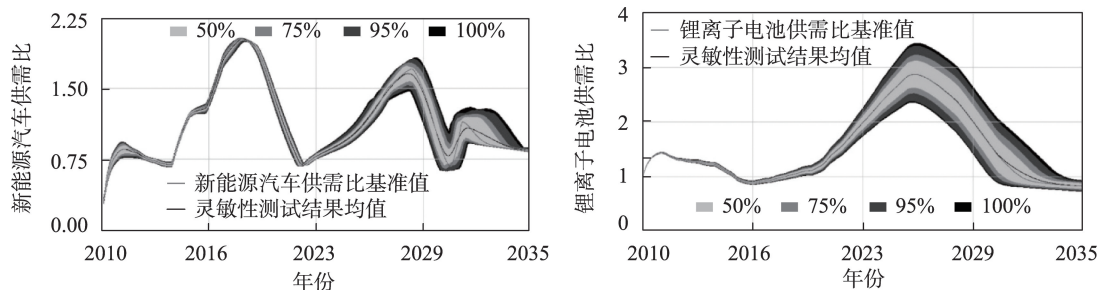


图5 2010—2035年新能源汽车供需比和锂离子电池供需比敏感性测试

Figure 5 Sensitivity test of the supply/demand ratio of new energy vehicle and lithium-ion battery, 2010-2035

学者以企业进入退出数量来研究产业震荡。在经济学中,企业进入退出数量可以表现为产业供给量的变化,且Jaworski等^[46]通过统计商品供需数量的变化情况来研究产业震荡。因此本文选择供需比来衡量产业震荡,并假定:当供需比为1时,产业为平衡状态;当供需比偏离1时,产业处于震荡状态。较大幅度的震荡持续时间相对较长,且对产业影响大,是本文的重点研究目标。

图6展示的是新能源汽车产业链上下游的震荡情况。与以往通过企业进入、退出数量衡量震荡不同,本文将新能源汽车供需比与1作差后取绝对值,得到新能源汽车供需比振幅,这样既表明产业震荡的实质是供给震荡,也直观地显示了产业震荡的大小。而在不同振幅定义下,新能源汽车产业发生大幅震荡的次数不同。如表1所示,如果将振幅定义为超过0.10为大幅震荡,那么新能源汽车供需比振幅曲线一共有8次超过0.10,此时认为新能源汽车

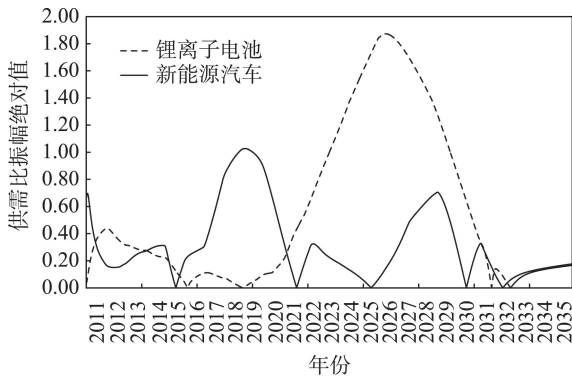


图6 2011—2035年新能源汽车产业上下游产业震荡振幅

Figure 6 Industry shakeouts amplitude of the upstream and downstream industries of the new energy vehicle industry, 2011-2035

表1 不同振幅下新能源汽车产业上下游发生大幅产业震荡次数

Table 1 The number of industry shakeouts in the upstream and downstream of the new energy vehicle industry under different amplitudes

振幅	上游产业发生大幅产业震荡次数	下游产业发生大幅产业震荡次数
0.10	8	4
0.20	6	2
0.30	6	2
0.40	3	2
0.50	3	1

产业一共发生了8次大幅震荡,其余振幅统计见表1。而本文最终选择振幅超过0.20为大幅震荡,因为新能源汽车产业在2030—2035年期间连续发生多次小幅波动后很快恢复到为平衡状态为一次产业震荡;将振幅定义为0.20和0.30时,2030—2035年期间统计到发生产业震荡的次数也为一次,而0.20振幅的颗粒度更细,统计更加精准。锂离子电池振幅选择与新能源汽车同理。

4.1.2 新能源汽车产业震荡趋势预测

在当前政策和技术情景下,新能源汽车产业在2022年以后将发生3次产业震荡,如图7所示。第一次产业震荡发生在2022年,最大振幅为0.29,持续时间为1年。第二次产业震荡将发生在2026—2029年,此次震荡持续时间最长,也最剧烈,最大振幅为0.7。最后一次产业震荡持续时间最短,将发生在2030—2031年,最大振幅为0.33。

4.2 基于情景仿真的震荡原因及作用路径分析

4.2.1 情景设置

在系统中,新能源汽车需求为外生变量,是不断增长的,因此研究新能源汽车发生产业震荡的原因需要重点关注新能源汽车供给^[42]。而为了评估各因素对新能源汽车产业震荡的影响程度,本文对产业链下游的外部变量“补贴递减率、技术创新、新能源汽车产能建设时间、新能源汽车产能规划时间”和产业链上游的外部变量“锂离子电池产能建设时间和锂离子电池产能规划时间”分别设计成低速、中速和高速3种情景模式,每种模式数值依次改变正或负25%(表2),其中新能源汽车产能建设时间

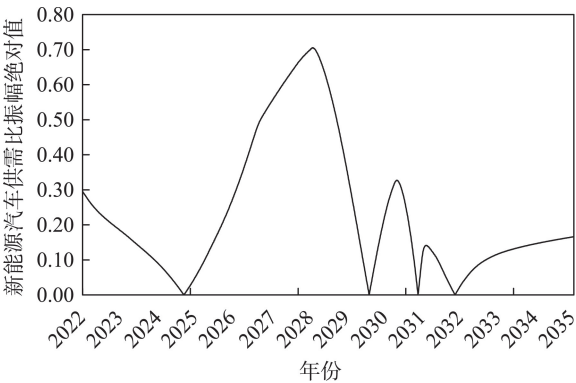


图7 2022—2035年新能源汽车产业震荡预测结果

Figure 7 Forecast results of new energy vehicle industry shakeouts, 2022-2035

2022年7月

表2 情景设置

Table 2 Scenario setting

情景	模式
调整补贴递减率	低速:补贴递减率是基准情景的75% 中速:补贴递减率是基准情景的50% 高速:补贴递减率是基准情景的25%
技术创新	低速:锂离子电池需求比例和锂离子电池使用量都是基准情景的75%,锂离子电池消费速率比例是锂离子电池需求比例的倒数 中速:锂离子电池需求比例和锂离子电池使用量都是基准情景的50%,锂离子电池消费速率比例是锂离子电池需求比例的倒数 高速:锂离子电池需求比例和锂离子电池使用量都是基准情景的25%,锂离子电池消费速率比例是锂离子电池需求比例的倒数
调整新能源汽车年度市场准入规模	低速:新能源汽车产能建设时间是基准情景的125% 中速:新能源汽车产能建设时间是基准情景的150% 高速:新能源汽车产能建设时间是基准情景的175%
调整新能源汽车年度资本投资规模	低速:新能源汽车产能规划时间是基准情景的125% 中速:新能源汽车产能规划时间是基准情景的150% 高速:新能源汽车产能规划时间是基准情景的175%
调整锂离子电池年度市场准入规模	低速:锂离子电池产能建设时间是基准情景的125% 中速:锂离子电池产能建设时间是基准情景的150% 高速:锂离子电池产能建设时间是基准情景的175%
调整锂离子电池年度资本投资规模	低速:锂离子电池产能规划时间是基准情景的125% 中速:锂离子电池产能规划时间是基准情景的150% 高速:锂离子电池产能规划时间是基准情景的175%

和产能规划时间情景用其现实含义来注明,即年度市场准入规模和年度资本投资规模。通过与基准情景(模型中已经设定的数值)进行对比,分析每种情景在不同模式下对产业震荡的影响情况。

4.2.2 调整补贴递减率情景

产业震荡的振幅和震荡持续的时间都会对新能源汽车产业产生影响,因此减小产业震荡的振幅

和缩短震荡持续的时间都认为是减小产业震荡的有效方式。如图8所示,调整补贴递减率的情景下,与基准情景相比,在2029年之前,高速模式能够最有效地减小新能源汽车产业震荡。这是因为在产业发展前期,较小的补贴递减率使补贴持续时间延长。投资者会进行大量产能建设,导致新能源汽车价格降低。新能源汽车供给会随价格的降低而减

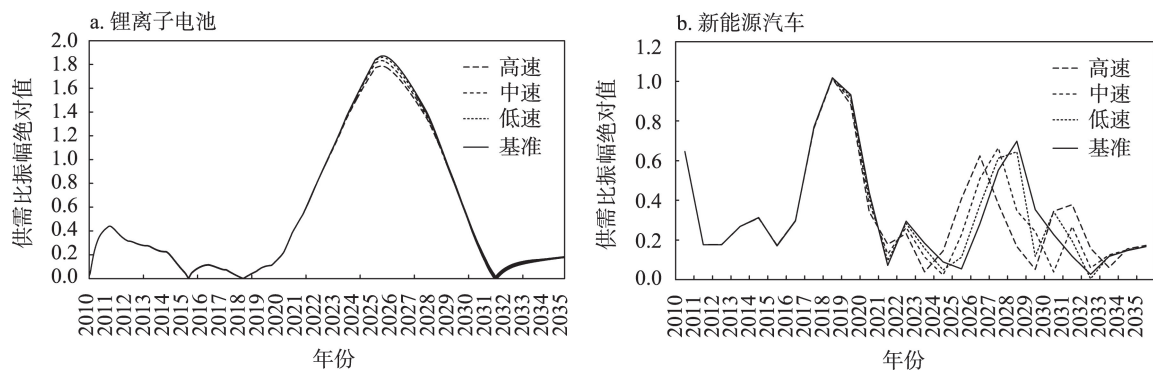


图8 2010—2035年调整补贴递减率情景下新能源汽车上游(a)和下游(b)产业震荡的改变情况

Figure 8 Changes in upstream (a) and downstream (b) industry shakeouts of new energy vehicle under the subsidy decline rate adjustment scenario, 2010-2035

少,缩小了供给和需求之间的差距,此时新能源汽车产业震荡得到缓解。而在2029—2031年期间呈现出了相反的趋势,原因在于,高速模式下新能源汽车产业处于平稳状态,新能源汽车价格提前达到峰值,导致新能源汽车供给增加,拉开了供给与需求之间的差距,因此新能源汽车产业震荡振幅增加,这与Song等的研究结论一致^[13]。此外,从全产业链来看,与基准情景相比,3种模式均能减小上游锂离子电池产业震荡,但减小程度有限。

4.2.3 技术创新情景

如图9所示,在技术创新情景下,与基准情景相比,在2030年之前,低速、中速和高速模式减小新能源汽车产业震荡振幅和震荡持续时间效果逐渐增强。这是因为在产业发展前期,较强的技术创新会降低新能源汽车生产成本,使新能源汽车价格低于基准情景,新能源汽车供给也随之降低,供需差距

缩小,在短期内可以减小新能源汽车产业震荡振幅。而在2030年之后,3种模式下新能源汽车产业震荡次数均比基准情景增多,产业震荡振幅增大。原因是在产业发展成熟后,随着技术创新程度的增加,每辆新能源汽车需要更少的锂离子电池,而新能源汽车仍按照原定的预期进行生产,使新能源汽车供给超过需求,导致新能源汽车产业震荡更加严重。

此外,从全产业链来看,与基准情景相比,3种速率的技术创新模式都会加剧上游锂离子电池产业震荡。这是因为,技术创新强度越高,新能源汽车对锂离子电池的需求越小,产生的消费同步减少,这将导致锂离子电池库存积压,锂离子电池供给增加,使上游产业震荡更加剧烈。

4.2.4 调整新能源汽车年度市场准入规模情景

图10展示了调整新能源汽车年度市场准入规

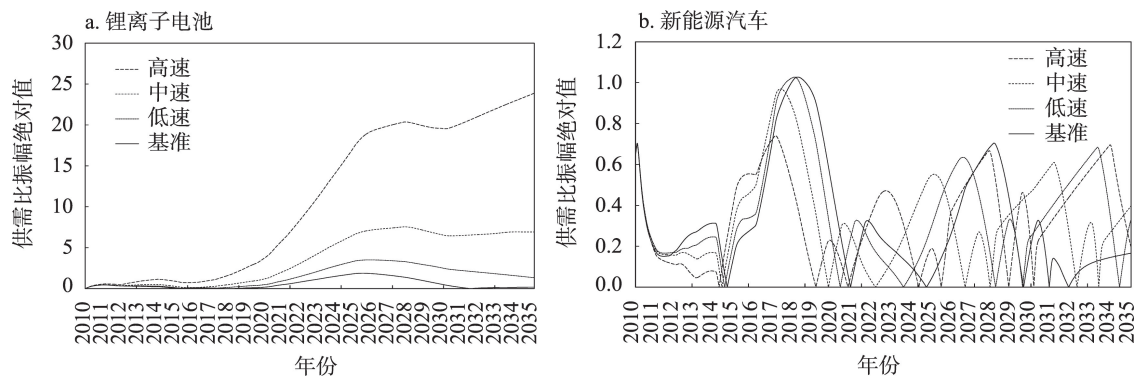


图9 2010—2035年技术创新情景下新能源汽车上游(a)和下游(b)产业震荡的改变情况

Figure 9 Changes of upstream (a) and downstream (b) industry shakeouts of new energy vehicle under technology innovation scenario, 2010-2035

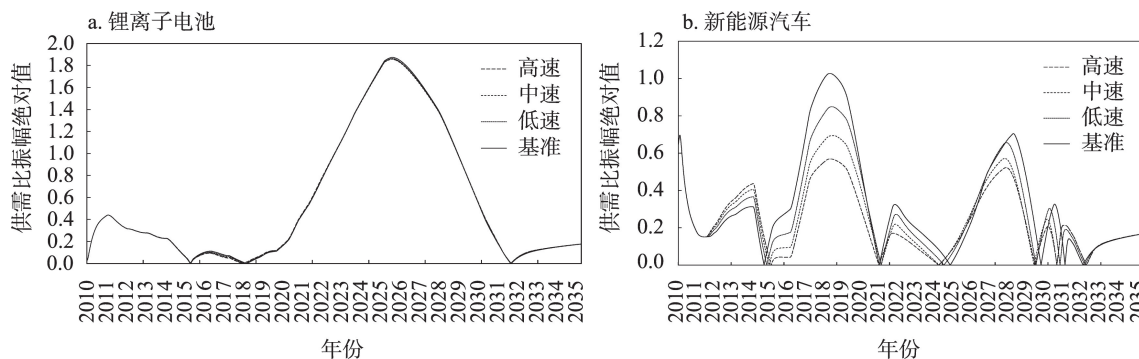


图10 2010—2035年调整新能源汽车年度市场准入规模情景下新能源汽车上游(a)和下游(b)产业震荡的改变情况

Figure 10 Changes in the shakeouts of the upstream (a) and downstream (b) industries of new energy vehicle under the scenario of adjusting the annual market access scale of new energy vehicle, 2010-2035

2022年7月

模的情景模拟结果。从结果可知,2011—2014年期间,新能源汽车产业震荡振幅在基准模式下最小。这是因为,年度市场准入规模越大,新能源汽车产能建设时间越短,在相同时间内能够提供更多新能源汽车供给,这可以暂时解决供不应求的现状,减小产业震荡。而在2015—2031年期间,与基准情景相比,高速模式减小新能源汽车产业震荡振幅最多,甚至消除了一次震荡。原因在于,此时新能源汽车市场价格机制已经失灵,较大的市场准入规模使库存积压严重,导致新能源汽车市场供过于求。中速和高速模式在2031年出现了一次产业震荡,但振幅较小且持续时间较短,对新能源汽车产业影响较小。此外,从全产业链来看,与基准情景相比,3种模式都减小了上游锂离子电池产业震荡振幅,但效果有限。

4.2.5 调整新能源汽车年度资本投资规模情景

新能源汽车产能规划时间主要是指,在向目标产能调整的过程中,资本投资的速度。新能源汽车产能规划时间越短,代表年度资本投资规模越大,相反,新能源汽车产能规划时间越长,年度资本投资规模越小。

如图11所示,在2011—2014年期间,基准情景减小新能源汽车产业震荡振幅最多。这是因为在产业发展前期,新能源汽车产能不足以满足市场需求,只有更大的资本投资规模才能帮助新能源汽车产业快速支持市场供给并缩小供给与需求间的差

距,以缓解新能源汽车产业震荡。而在2015—2035年,3种情景下产业震荡次数均由6次减少到4次,振幅也明显减小。这是因为生产者对于新能源汽车市场过于乐观,不断进行产能投资,此时已经发生产能过剩。缩小资本投资规模能够有效抑制新能源汽车产能继续膨胀,控制新能源汽车生产和库存堆积。缓解新能源汽车供过于求的市场现状,有效改善新能源汽车产业震荡。但在2021—2025年期间,高速模式下产业震荡现象却最剧烈。因为新能源汽车在该模式下的生产和消费处于平衡状态,没有积压库存,因此新能源汽车供给无法像其他情景一样满足上涨的需求,导致了一段时间的产业震荡。这一时段内低速模式缓解产业震荡效果最佳。

从全产业链的视角来看,就长期而言,2018年以后,与基准情景相比,3种模式都增大了上游锂离子电池产业震荡振幅。这是因为,新能源汽车产能资本投资规模缩小后,新能源汽车对锂离子电池原料需求降低,锂离子电池消费量减少,导致库存增加,因此锂离子电池供给上升,产业震荡加剧。

4.2.6 各情景下新能源汽车产业震荡改变效果对比

如图12所示,每种情景在高速、中速和低速3种模式下对新能源汽车产业震荡改变趋势大致相同。从短期来看,技术创新情景会最大程度减小新能源汽车产业震荡振幅,因此减小产业震荡的效果最好。从长期来看,调整新能源汽车年度资本投资规模对减小新能源汽车产业震荡的效果最好,其他

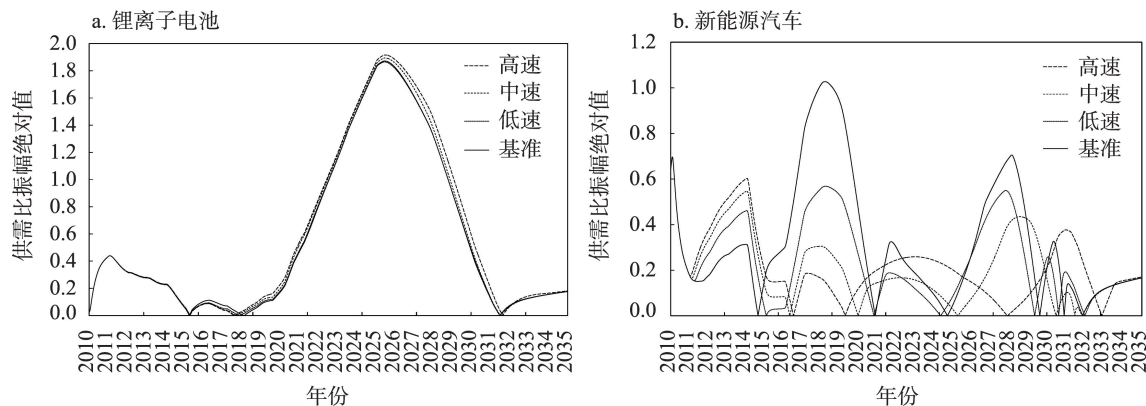


图11 2010—2035年调整新能源汽车年度资本投资规模情景下新能源汽车上游(a)和下游(b)产业震荡的改变情况

Figure 11 Changes in the upstream (a) and downstream (b) industry shakeouts of new energy vehicle under the scenario of adjusting the annual capital investment scale of new energy vehicle, 2010-2035

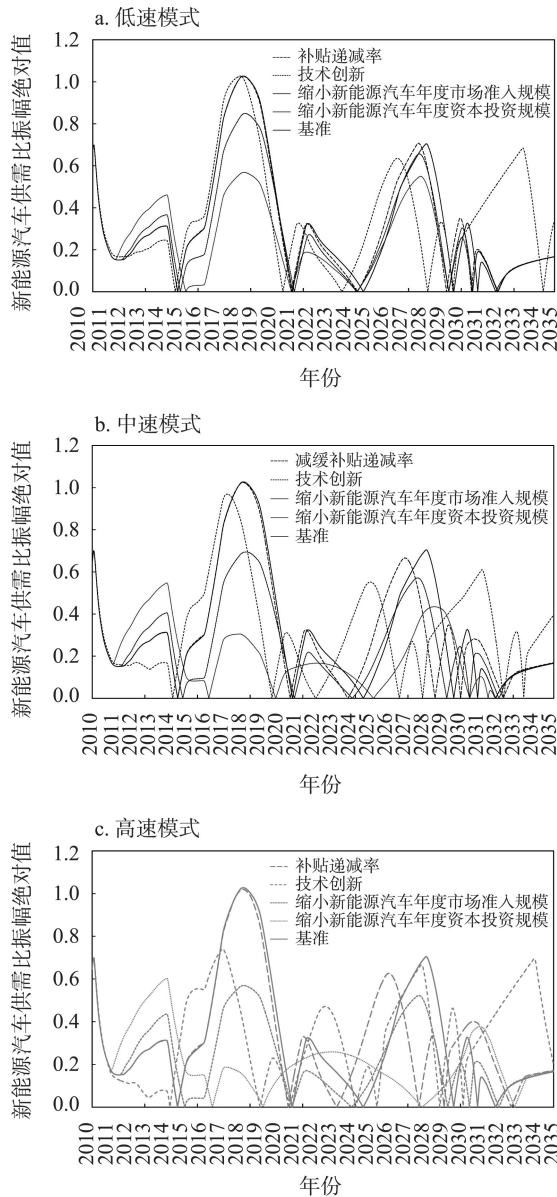


图12 2010—2035年下游情景对新能源汽车产业震荡的改变情况

Figure 12 Changes of the shakeouts of the new energy vehicle industry under the downstream scenarios, 2010-2035

情景对减小新能源汽车产业震荡效果相似。

4.2.7 调整锂离子电池年度市场准入规模情景和年度资本投资规模情景

如图13所示,与基准情景相比,两种情景在不同模式下对上下游产业震荡作用效果大致相同,且调整锂离子电池年度资本投资规模情景减小上游产业震荡振幅效果更好。在2011—2015年期间,调整锂离子电池年度资本投资规模情景中,高速模式下的产业震荡振幅最大,在2015年以后,调整锂离子

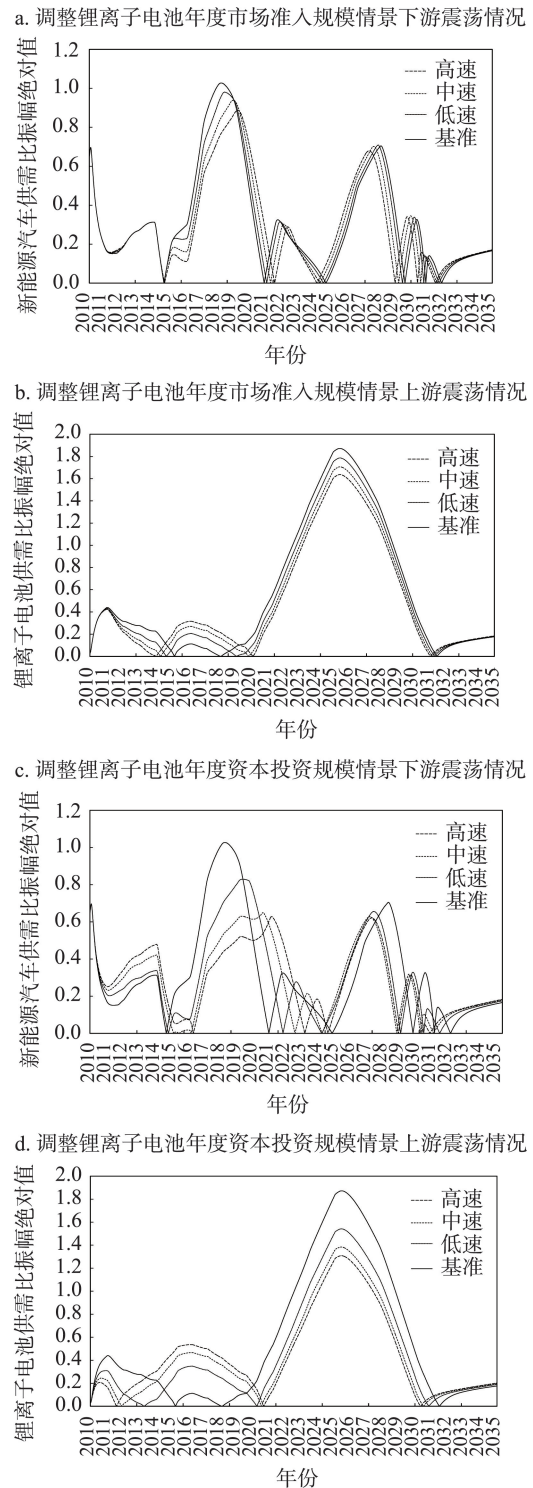


图13 2010—2035年调整锂离子电池年度市场准入规模情景及调整锂离子电池年度资本投资规模情景下新能源汽车上下游产业震荡的改变情况

Figure 13 Changes in the upstream and downstream industry shakeouts of new energy vehicle under the scenarios of adjusting the annual market access scale of lithium-ion batteries and the annual capital investment scale of lithium-ion batteries, 2010-2035

2022年7月

子电池年度市场准入规模情景和年度资本投资规模情景在高速模式下的产业震荡振幅最小。这是因为,锂离子电池市场准入规模越小,在相同时间内的供给越少。这缩小了锂离子电池供过于求时的供需差距,但同时却增大了锂离子电池供不应求时的供需差距。在产业发展前期,较小的锂离子电池市场准入规模会严重限制新能源汽车的生产,使新能源汽车供给不足更加严重,加剧了新能源汽车产业震荡。但从长期来看,较小的锂离子电池市场准入规模和资本投资规模会对新能源汽车生产造成约束,使新能源汽车供给减少,新能源汽车产业震荡被减弱。此外,在2020年之后,与基准情景相比,3种模式同样会减小上游锂离子电池产业震荡,其中高速模式减小振幅最多。从全产业链来看,较小的锂离子电池年度市场准入规模和年度资本投资规模能够在未来减小下游新能源汽车产业震荡。且调整锂离子电池年度资本投资规模能够更有效地减弱新能源汽车产业震荡。

5 结论与政策建议

5.1 结论

本文通过建立新能源汽车产业上下游系统动力学模型分析了产业震荡及其形成机制,得出了以下结论:

(1)新能源汽车产业在现有基准情景下还将出现3次产业震荡,第一次产业震荡发生在2022年,第二次产业震荡将发生在2026—2029年,此次震荡持续时间最长,也最剧烈,最大振幅为0.70。最后一次产业震荡持续时间最短,将发生在2030—2031年。而在产业发展成熟后,产业震荡将逐渐减弱,最终稳定发展。

(2)补贴、技术创新、资本投资规模、市场准入规模等政策因素是造成新能源汽车产业发生产业震荡的重要原因。补贴、技术创新、资本投资规模通过控制新能源汽车的产能和价格间接控制新能源汽车的供给,进而引发产业震荡。市场准入规模对新能源汽车的供给产生直接影响,使其发生产业震荡。此外,在产业上下游之间,上游原材料供给不足会限制下游产业的生产行为,导致新能源汽车产业震荡。但下游需求的减少会使上游产业消费

水平骤降,发生产业震荡。

(3)对政策因素进行调整可以缓解产业震荡,但在不同时期内各因素的缓解效果不尽相同。在产业发展前期,影响产业震荡的主要政策因素为技术创新,在产业发展成熟后,主要政策因素变为资本投资规模。从全产业链来看,调整补贴递减率和年度市场准入规模在有效降低下游新能源汽车产业震荡时,不会对上游锂离子电池产业产生负面影响。但技术创新和调整年度资本投资规模在降低新能源汽车产业震荡时,会加剧上游锂离子电池产业震荡。也就是说,只有资本投资规模与技术创新速度相匹配时,才能有效缓解整个产业链的震荡情况。

5.2 政策建议

新能源汽车产业的快速发展与政府制定的相关政策息息相关,特别是政府补贴^[47],对新兴产业发展至关重要^[48]。结合本文的研究结论,我们认为应根据产业发展的不同阶段酌情制定政策以缓解产业震荡,促进新兴产业健康发展。

(1)在新兴产业发展前期,政府应给予产业较大额度的补贴并使其缓慢退坡,同时放大新兴产业的市场准入规模,加快市场信息发布频率,适当鼓励对技术研发的投资。产业发展前期,市场处于供给紧缺状态,大额补贴能够激励企业自发进行产能建设以满足需求,放大市场准入规模可以吸引有能力的企业自发进入。而对于当前20%的补贴递减率,政府应该适当降低该数值,给予企业一定的适应时间,才能真正缓解“补贴退坡”压力、促进新能源汽车产业发展的内生动力^[49]。此外,技术创新是产业发展前期减弱产业震荡最有效的手段,可以设置科技进步奖励等措施激励企业进行自主创新,鼓励产业向高端方向健康发展。

(2)在新兴产业发展成熟期,补贴应从全部扶持转变为“奖优扶强”,并加强对新兴产业的市场监管,收紧市场准入规模,同时使投资行为配合技术创新速度。产业成熟期的市场供给逐渐宽松,政府严格控制补贴企业的质量、严格控制市场准入规模和产品审批标准能够提高扶持效率,防止产能过剩。而在成熟期减弱产业震荡最有效的办

法是减小年度资本投资规模,但会加剧上游产业震荡。因此,为了防止资本过度投资造成上游产业震荡,政府应该严格控制资本投资的审批过程以匹配适度的技术创新速度,发挥技术创新和减小投资规模的互补优势,保证全产业链的稳定发展。

参考文献(References):

- [1] Dong F, Zhang S, Long R, et al. Determinants of haze pollution: An analysis from the perspective of spatiotemporal heterogeneity [J]. *Journal of Cleaner Production*, 2019, 222: 768–783.
- [2] Wu K. China's energy security: Oil and gas[J]. *Energy Policy*, 2014, 73: 4–11.
- [3] Liu Z, Hao H, Cheng X, et al. Critical issues of energy efficient and new energy vehicles development in China[J]. *Energy Policy*, 2018, 115: 92–97.
- [4] Dong F, Liu Y. Policy evolution and effect evaluation of new-energy vehicle industry in China[J]. *Resources Policy*, 2020, 67: 101655.
- [5] Mancheri N A, Sprecher B, Bailey G, et al. Effect of Chinese policies on rare earth supply chain resilience[J]. *Resources, Conservation and Recycling*, 2019, 142: 101–112.
- [6] 何文韬, 肖兴志. 产业震荡及其触发因素研究进展[J]. *经济学动态*, 2017, (1): 114–124. [He W T, Xiao X Z. Advances in research on industry shakeouts and their triggers[J]. *Economic Perspectives*, 2017, (1): 114–124.]
- [7] 何文韬, 肖兴志. 进入波动、产业震荡与企业生存: 中国光伏产业动态演进研究[J]. *管理世界*, 2018, 34(1): 114–126. [He W T, Xiao X Z. Entry turbulence, industry shakeouts and Firm survival [J]. *Management World*, 2018, 34(1): 114–126.]
- [8] 中国建银投资有限责任公司投资研究院, 中国投资咨询有限责任公司, 中资华瀚资本管理(北京)有限责任公司. 中国锂电新能源产业投资发展报告[M]. 北京: 社会科学文献出版社·经济与管理分社, 2020. [Investment Research Institute of China Jianyin Investment Ltd, China Investment Consulting Ltd, Chinese-funded Huashu Capital Management (Beijing) Ltd. Report on the development of China's Lithium Electricity Industry of New Energy Investment[M]. Beijing: Social Sciences Academic Press (China), 2020.]
- [9] 金永花. 新发展机遇期我国新能源汽车产业链水平提升研究[J]. *经济纵横*, 2022, (1): 83–90. [Jin Y H. Research on the improvement of China's new energy vehicle industry chain in the new development opportunity period[J]. *Economic Review Journal*, 2022, (1): 83–90.]
- [10] Lee Y, Kim C, Shin J. A hybrid electric vehicle market penetration model to identify the best policy mix: A consumer ownership cycle approach[J]. *Applied Energy*, 2016, 184: 438–449.
- [11] Liu D, Xiao B. Exploring the development of electric vehicles under policy incentives: A scenario-based system dynamics model [J]. *Energy Policy*, 2018, 120: 8–23.
- [12] Kong D, Xia Q, Xue Y, et al. Effects of multi policies on electric vehicle diffusion under subsidy policy abolishment in China: A multi-actor perspective[J]. *Applied Energy*, 2020, 266: 114887.
- [13] Song Y, Li G, Wang Q, et al. Scenario analysis on subsidy policies for the uptake of electric vehicles industry in China[J]. *Resources, Conservation and Recycling*, 2020, 161: 104927.
- [14] Jovanovic B, MacDonald G M. The life cycle of a competitive industry[J]. *Journal of Political Economy*, 1994, 102(2): 322–347.
- [15] Klepper S. Entry, exit, growth, and innovation over the product life cycle[J]. *The American Economic Review*, 1996, 86(3): 562–583.
- [16] Carree M A, Thurik A R. The life cycle of the US tire industry[J]. *Southern Economic Journal*, 2000, 67(2): 254–278.
- [17] Cabral L. Technology uncertainty, sunk costs, and industry shake-out[J]. *Industrial and Corporate Change*, 2012, 21(3): 539–552.
- [18] Adams P, Fontana R, Malerba F. Linking vertically related industries: Entry by employee spinouts across industry boundaries[J]. *Industrial and Corporate Change*, 2019, 28(3): 529–550.
- [19] Bonaccorsi A, Chiarello F, Fantoni G, et al. Emerging technologies and industrial leadership. A Wikipedia-based strategic analysis of Industry 4.0[J]. *Expert Systems with Applications*, 2020, 160: 113645.
- [20] Furr N, Kapoor R. Capabilities, technologies, and firm exit during industry shakeout: Evidence from the global solar photovoltaic industry[J]. *Strategic Management Journal*, 2018, 39(1): 33–61.
- [21] 余东华, 吕逸楠. 政府不当干预与战略性新兴产业产能过剩: 以中国光伏产业为例[J]. *中国工业经济*, 2015, (10): 53–68. [Yu D H, Lv Y N. Government improper intervention and overcapacity of strategic emerging industries: A case study of Chinese photovoltaic industry[J]. *China Industrial Economics*, 2015, (10): 53–68.]
- [22] 江飞涛, 曹建海. 市场失灵还是体制扭曲: 重复建设形成机理研究中的争论、缺陷与新进展[J]. *中国工业经济*, 2009, (1): 53–64. [Jiang F T, Cao J H. Market failure or institutional weakness: The argument, defect and new development in research of redundant construction formation mechanism[J]. *China Industrial Economics*, 2009, (1): 53–64.]
- [23] 韩秀云. 对我国新能源产能过剩问题的分析及政策建议: 以风电和太阳能行业为例[J]. *管理世界*, 2012, (8): 171–172. [Han X Y. Analysis and policy suggestions on overcapacity of new energy in China: Taking wind energy and solar energy industry as an example[J]. *Management World*, 2012, (8): 171–172.]

2022年7月

- [24] 王辉, 张月友. 战略性新兴产业存在产能过剩吗? 以中国光伏产业为例[J]. 产业经济研究, 2015, (1): 61-70. [Wang H, Zhang Y Y. Is production capacity of strategic emerging industries becoming excessive? A case study of Chinese photovoltaic industry [J]. Industrial Economics Research, 2015, (1): 61-70.]
- [25] 林毅夫. 潮涌现象与发展中国家宏观经济理论的重新构建[J]. 经济研究, 2007, (1): 126-131. [Lin Y F. Wave phenomenon and the reconstruction of macroeconomic theories for developing countries[J]. Economic Research Journal, 2007, (1): 126-131.]
- [26] 林毅夫, 巫和懋, 邢亦青. “潮涌现象”与产能过剩的形成机制[J]. 经济研究, 2010, 45(10): 354-387. [Lin Y F, Wu H M, Xing Y Q. “Wave phenomena” and formation of excess capacity[J]. Economic Research Journal, 2010, 45(10): 354-387.]
- [27] Yang S P. Entry and exit decisions with switching regime excess capacity[J]. International Advances in Economic Research, 2018, 24(4): 351-369.
- [28] 徐枫, 李云龙. 基于SCP范式的我国光伏产业困境分析及政策建议[J]. 宏观经济研究, 2012, (6): 11-20. [Xu F, Li Y L. The dilemma analysis and policy suggestions of China's photovoltaic industry based on SCP paradigm[J]. Macroeconomics, 2012, (6): 11-20.]
- [29] Camerer C, Lovo D. Overconfidence and excess entry: An experimental approach[J]. American Economic Review, 1999, 89(1): 306-318.
- [30] Ma S C, Fan Y, Feng L. An evaluation of government incentives for new energy vehicles in China focusing on vehicle purchasing restrictions[J]. Energy Policy, 2017, 110: 609-618.
- [31] Sun X, Liu X, Wang Y, et al. The effects of public subsidies on emerging industry: An agent-based model of the electric vehicle industry[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2019, 140: 281-295.
- [32] Hao H, Ou X, Du J, et al. China's electric vehicle subsidy scheme: Rationale and impacts[J]. Energy Policy, 2014, 73: 722-732.
- [33] Zhang X, Bai X, Shang J. Is subsidized electric vehicles adoption sustainable: Consumers' perceptions and motivation toward incentive policies, environmental benefits, and risks[J]. Journal of Cleaner Production, 2018, 192: 71-79.
- [34] Yang S, Cheng P, Li J, et al. Which group should policies target? Effects of incentive policies and product cognitions for electric vehicle adoption among Chinese consumers[J]. Energy Policy, 2019, 135: 111009.
- [35] 王立国, 鞠蕾. 地方政府干预、企业过度投资与产能过剩: 26个行业样本[J]. 改革, 2012, (12): 52-62. [Wang L G, Ju L. Local government intervention, enterprise overinvestment and over capacity: 26 industry samples[J]. Reform, 2012, (12): 52-62.]
- [36] Winz I, Brierley G, Trowsdale S. The use of system dynamics simulation in water resources management[J]. Water Resources Management, 2009, 23(7): 1301-1323.
- [37] 李涛, 李国平, 薛领. 基于系统动力学的新冠肺炎疫情影响北京经济发展的模拟仿真分析[J]. 地理科学, 2022, 42(2): 244-55. [Li T, Li G P, Xue L. Simulation of the impact of COVID-19 on Beijing's economic development based on system dynamics[J]. Scientia Geographica Sinica, 2022, 42(2): 244-55.]
- [38] 段玮, 齐舆, 巩芳, 等. 系统动力学与经济管理理论及方法结合研究综述[J]. 统计与决策, 2022, 38(2): 41-46. [Duan W, Qi Y, Gong F, et al. A review on combination of system dynamics and economic management theories and methods[J]. Statistics & Decision, 2022, 38(2): 41-46.]
- [39] 杨浩雄, 段炜钰, 马家骥. 基于系统动力学的地区物流业与地区经济互动机理研究[J]. 统计与决策, 2019, 35(3): 69-73. [Yang H X, Duan W Y, Ma J J. Research on the interaction mechanism between regional logistics industry and regional economy based on system dynamics[J]. Statistics & Decision, 2019, 35(3): 69-73.]
- [40] Shao L, Jin S. Resilience assessment of the lithium supply chain in China under impact of new energy vehicles and supply interruption [J]. Journal of Cleaner Production, 2020, 252: 119624.
- [41] 严良, 熊伟伟, 王小林, 等. 供需错配下能源替代路径优化[J]. 资源科学, 2019, 41(9): 1655-1664. [Yan L, Xiong W W, Wang X L, et al. Energy substitution path optimization under supply and demand mismatch[J]. Resources Science, 2019, 41(9): 1655-1664.]
- [42] Bunsen T, Cazzola P, Gerner M, et al. Global EV Outlook[R]. International Energy Agency, 2018.
- [43] Hao H, Liu Z, Zhao F, et al. Material flow analysis of lithium in China[J]. Resources Policy, 2017, 51: 100-106.
- [44] Sun X, Hao H, Zhao F, et al. Tracing global lithium flow: A trade-linked material flow analysis[J]. Resources, Conservation and Recycling, 2017, 124: 50-61.
- [45] Choi C H, Cao J, Zhao F. System dynamics modeling of indium material flows under wide deployment of clean energy technologies [J]. Resources, Conservation and Recycling, 2016, 114: 59-71.
- [46] Jaworski T, Smyth A. Shakeout in the early commercial airframe industry[J]. The Economic History Review, 2018, 71(2): 617-638.
- [47] 姚海琳, 贾若康. 政府补贴与资源循环利用企业生产率: 基于中国上市公司面板门槛效应实证研究[J]. 资源科学, 2018, 40(11): 2280-2295. [Yao H L, Jia R K. Government subsidies and productivity of resource recycling enterprises: An empirical study on panel threshold effect of listed enterprises in China[J]. Resources Science, 2018, 40(11): 2280-2295.]
- [48] 董长贵, 周润民, 李佳颖. 补贴政策对中国光伏装机市场的影响: 基于面板数据回归的实证分析[J]. 资源科学, 2021, 43(6): 1065-1076. [Dong C G, Zhou R M, Li J Y. The effect of feed-in

- tariff on China's photovoltaic capacity development: An empirical analysis based on panel data regression[J]. *Resources Science*, 2021, 43(6): 1065–1076.]
- [49] 李旭, 熊勇清. 新能源汽车“双积分”政策影响的阶段性特征: 经营与环境双重绩效视角[J]. *资源科学*, 2021, 43(1): 1–11. [Li X, Xiong Y Q. Characteristics of the impact of corporate average fuel consumption–new energy vehicle credits (CAFCNEV) mandate on the new energy vehicle industry: From the perspective of business and environmental performances[J]. *Resources Science*, 2021, 43(1): 1–11.]

Formation mechanism and countermeasures of China's new energy vehicle industry shakeouts

SHAO Liuguo^{1,2}, WANG Ziyang¹, LAN Tingting^{1,2}

(1. School of Business, Central South University, Changsha 410083, China;

2. Institute of Metal Resources Strategy, Central South University, Changsha 410083, China)

Abstract: As a strategic emerging industry, new energy vehicle industry is crucial for dealing with the environmental and energy dilemmas, but industry shakeouts may hinder the healthy development of the industry. In this study, we examined the causes and formation mechanisms of industry shakeouts from the upstream and downstream perspectives of the industry chain, and constructed a whole industry chain model of lithium-ion battery-new energy vehicle based on the system dynamics modeling method. The results show that: (1) New energy vehicles will experience three industry shakeouts, the longest and most violent shakeouts will occur in the middle stage of industry development, and the shakeouts will gradually weaken when the industry matures; (2) Subsidies, technology innovation, capital investment scale, and market access scale are important causes of industry shakeouts in new energy vehicle industry; (3) The adjustment of policy factors in different developmental periods can generate different effects of industry shakeouts mitigation. Therefore, this article argued that the industry shakeouts can be mitigated by adjusting subsidies, technology innovation, capital investment scale, and market access scale.

Key words: new energy vehicle; lithium-ion battery; industry chain; industry shakeouts; system dynamics