



调研世界
The World of Survey and Research
ISSN 1004-7794, CN 11-3705/C

《调研世界》网络首发论文

题目: 创新策略与设备质量投资周期性
作者: 刘彤彤, 张延群, 吴福象
DOI: 10.13778/j.cnki.11-3705/c.2025.05.005
网络首发日期: 2025-05-22
引用格式: 刘彤彤, 张延群, 吴福象. 创新策略与设备质量投资周期性[J/OL]. 调研世界.
<https://doi.org/10.13778/j.cnki.11-3705/c.2025.05.005>



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、外文字符、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。

创新策略与设备质量投资周期性

刘彤彤 张延群 吴福象*

内容摘要：重大技术装备推动我国制造业高质量发展，应根据宏观经济周期分配每个阶段的技术装备攻关投入，提高创新资源使用效率。本文基于企业投资结构周期模型，研究了设备质量投资与经济周期的关系，以及创新模式对设备质量投资顺周期性形成的影响。研究发现，设备质量投资与经济周期同向变动，设备质量投资随着经济周期上行而增加，随着经济周期下行而减少，即设备质量投资顺周期变动。进一步分析表明，工艺创新增加导致设备质量投资与经济周期同向增加，产品创新增加导致设备质量投资与经济周期同向减少。因此，提出以下建议：应正确认识设备类投资发挥作用的周期性，优化设备引进的技术结构，提高技术引进效率；针对不同阶段采取差异化的创新模式，慎重选择创新模式，将着力点放在适合技术和经济发展阶段的创新模式上。

关键词：设备质量投资；经济周期；产品创新；工艺创新

中图分类号：F42 **文献标识码：**A **文章编号：**1004-7794(2025)05-0050-12

DOI：10.13778/j.cnki.11-3705/c.2025.05.005

一、引言

资本深化是影响制造业生产率的重要因素，也是工业化过程中的客观规律。二十世纪六十年代前期，我国开始从国外引进成套设备和专利技术。改革开放以来，技术引进总体规模进一步扩大，由大规模成套设备引进逐步转为关键技术、关键设备引进，通过大量先进技术与装备引进、消化吸收和再创新，我国经济尤其是工业在产业规模、技术水平、产品质量等方面取得较大提高。近年来，随着计算机软件业、通讯业以及其他高新技术迅猛发展，新一代信息技术与制造业融合，智能制造技术及先进装备应用加快推进，体现型技术进步依旧是是我国经济发展尤其是制造业发展的重要驱动力。党的二十大报告指出“实施产业基础再造工程和重大技术装备攻关工程”“推动制造业向高端化、产业化、智能化进步”。技术进步是经济增长的重要源泉，设备投资与技术进步深度融合，蕴含在先进设备中的体现型技术进步在推动国家经济战略发展、健全现代化产业体系中发挥重要作用。

目前，已有相关文献研究了设备投入及其中蕴含的体现型技术进步。Aghion et al. (2014) 指出，购入机械设备等固定资产投资有助于企业在短期扩大产出，提高市场销售份额，提升盈利水平。Lennox et al. (2017) 专门研究了内嵌于长期设备资本中的清洁技术和污染防治技术，技术的

* 刘彤彤，中国社会科学院数量经济与技术经济研究所博士后、助理研究员，研究方向为数字经济与制造业发展，邮箱：sdd3652205@126.com。张延群，中国社会科学院数量经济与技术经济研究所研究员、博士生导师、教授，研究方向为经济预测与政策分析。吴福象，南京大学经济学院教授、博士生导师，研究方向为全球价值链。本文得到国家自然科学基金项目“中国制造业关键技术创新突破实现路径研究（72073061）”、“中国社会科学院经济大数据与政策评估实验室”资助。

转换可以通过资本投资持续降低清洁设备的生产成本和购买价格。Li & Lin (2018) 指出, 不同于非体现型技术进步, 体现型技术进步将资本积累耦合于技术进步之中并改变了原有要素结构, 被视为提高能源效率和降低碳排放的关键驱动力。Wang et al. (2020) 的研究表明, 外购内嵌先进技术的机器和设备是企业获得先进技术的重要途径, 与企业内部研发呈互补关系, 将两者结合的创新策略显著提高了德国企业的创新绩效。华昱 (2016) 揭示了设备投资中包括投资专有技术, 可以推动总产出增长, 还指出更新设备并提高生产效率可以推动全社会多方面增长。邱冬阳等 (2020) 基于扩展的传统生产函数分析提出, 机械设备等固定资产投资可促进经济发展, 但基础设施投资对经济增长的拉动作用不明显。白雪洁和刘莹莹 (2021) 的研究发现, 外资的引入能够引导与促进制造业旧设备更新换代与先进新设备引进, 通过体现型技术进步来提高我国制造业生产率, 这种促进作用在东部地区和知识密集型的生产性服务业更为显著。

关于创新策略的研究有很多, 其中产品创新和工艺创新是重点研究内容之一。Foucart et al. (2021) 发现, 高技术行业和战略性新兴产业会通过技术创新不断定义产品形态、创造新需求, 或者以新功能、新技术嵌入传统产品市场, 展开差异化竞争战略以获得超额利润, 从而倾向于产品创新。Ozturk et al. (2021) 则认为, 在低技术行业中, 技术壁垒较低, 产品的替代性较强, 市场竞争较为激烈, 企业生存压力较大, 迫使企业改进生产工艺以降低成本为目标, 更倾向于工艺创新。Awan et al. (2021) 指出, 对于产品需求弹性大的行业, 企业会倾向于从事工艺创新进而降低生产成本; 反之, 企业有动力进行产品创新。李后建和张剑 (2017) 基于创新目标, 将创新模式分为以差异化为目的的产品创新和以降成本为目的的工艺创新。胡大立和金晨远 (2019) 则认为, 产品创新是创新了产品的性能或功能, 作用对象是产品本身; 工艺创新是改良了产品的生产方式, 作用对象是生产方式。郭南芸等 (2021) 认为, 产品创新可以通过前向关联和后向关联对上下游产业产生溢出效应, 进而带动了产业生产率的提升; 工艺创新则是通过运用新的生产技术或投入新的生产设备, 对现有生产方法或工艺进行重大改进的改善型创新活动。李寿德 (2023) 建立了垄断厂商关于产品创新和工艺创新的动态控制模型, 结果发现随着记忆参数的减小, 厂商将增加对产品创新的稳态投入, 并且厂商对产品创新投入和工艺创新投入的社会激励均高于私人激励。

从既有文献来看, 许多学者深入研究了固定资产投资, 但是对固定资产投资中的机械设备投资的研究有待进一步深入。固定资产投资中既包含厂房等建筑资本, 也包括仪器仪表等设备资本, 其中建筑资本的技术含量较低, 而设备资本中蕴含的技术创新较多。那么, 蕴含技术创新的设备资本投入如何发展? 与产品创新和工艺创新等不同创新策略的关系如何? 为了解答这些问题, 本文借用并修改企业投资结构周期性模型, 研究设备质量投资与经济周期的关系, 以及产品创新、工艺创新与设备质量投资顺周期性的关系。本文潜在的边际贡献有: 第一, 专门研究了固定资产投资中的设备质量投资变动情况, 是对固定资产投资、体现型技术进步等现有相关研究内容的深化拓展。第二, 将设备质量投资与经济周期结合起来研究, 拓展了企业投资结构周期性模型的研究范围和研究内容。第三, 将创新策略划分为产品创新和工艺创新两类, 并将设备质量投资、经济周期与产品创新、工艺创新结合分析, 阐明不同创新策略对设备质量投资顺周期性变动的影响, 为制定差异化投资政策和创新政策提供研究启示和借鉴。

二、理论分析

(一) 经济周期与设备质量投资的关系分析

本文以 Aghion et al. (2010) 的研究为基础, 构建企业投资结构周期性模型, 研究经济周期对企业设备质量投资的影响。

1. 基本假设。

假设经济体由迭代的两阶段生命周期企业构成, 企业风险中性, 且只在其生命的最后一期消费。假设企业在 t 时期出生, 初始财富为 W_t 。在 t 时期, 企业需要进行设备投资决策。设备投资不仅增加设备资本的存量, 而且还能通过提升设备质量将先进技术带入实际生产活动中。离开了机器设备这一载体, 许多新的科学技术便无法应用于经济生产之中, 而设备质量投资就是为提高设备资本品技术水平所进行的投资, 属于一种技术进步传导机制, 其重要性体现在机器设备与技术创新之间的相互作用。作为固定资产投资的重要组成部分, 设备质量投资对生产效率提升的作用等于甚至大于设备存量投资。从投资收益的长短期特征来说, 设备存量投资不改变设备现有的技术水平, 只进行资本积累, 当期即可获益, 属于短期投资; 设备质量投资能够提升设备的技术水平, 需要企业配合进行知识结构调整, 存在适应生产的转换时间, 下一期才能获益, 属于长期投资。

假设 a_t 代表经济周期变动特征, 呈现先上后下的“倒 U 型”趋势, a_t 增加对应经济周期上行期, a_t 减小对应经济周期下行期。 a_t 遵循马尔科夫过程, $[a^*, a_*] \subset R_+$, 无条件均值规范到 1, 条件均值 $E_{t-1}a_t = a_{t-1}^\rho$ 。 $\rho \in (0,1)$ 代表影响持久度, $\rho \rightarrow 0$ 时, 持久度较小; $\rho \rightarrow 1$ 时, 持久度较大。

在 t 时期, 企业决定将初始财富 W_t 在设备存量投资 K_t 和设备质量投资 Z_t 之间进行配置, 企业的预算约束为:

$$K_t + Z_t \leq W_t \quad (1)$$

t 时期的设备存量投资, 在 t 时期期末产生的收益是:

$$\Pi_t = a_t \pi(K_t) \quad (2)$$

其中, $\pi(K_t)$ 表示设备存量投资的生产函数, 是递增且凹的。

t 时期的设备质量投资, 在 $t+1$ 时期期末产生的收益是:

$$\Pi_{t+1} = a_{t+1} q(Z_t) \quad (3)$$

其中, $q(Z_t)$ 表示设备质量投资实现时的生产函数, 是递增且凹的。

企业为了实现设备质量投资, 需要进行知识结构调整。企业员工需要先在 t 时期通过学习获知高科技设备的操作方式, 然后才能在 $t+1$ 时期将高科技设备投入生产。企业的初始财富全部用于设备投资, 所以企业只能通过借贷来满足知识结构调整所产生的资金需求, 而且由于不同企业本身的知识结构存在差异, 不同企业为进行知识结构调整所付出的成本也存在差异。可以发现, 本文之所以设定知识结构调整环节, 是为了引入信用市场特征, 因而本文将用于知识结构调整的资金称为流动性成本。

2. 不完全信用市场中的设备质量投资周期性。

在不完全信用市场中, 企业通过信用市场实现的借贷额, 可能无法满足其所需的流动性成本。

假设在 t 时期，企业至多能够借到其当期财富的 μ 倍，即最大借贷额为 $\mu a_t \pi(K_t)$ 。假设 c_t 代表 t 时期企业所需的流动性成本，为保证平衡增长路径， c_t 在整个生命周期中独立同分布，满足 $[0, c^*]$ ，累积分布函数为 $F(c) = (c/c^*)^\varphi$ ， $\varphi > 0$ 。 φ 代表企业为满足其流动性成本所面临的流动性风险弹性， φ 越大，流动性风险弹性越大，则流动性风险的影响越大。当且仅当企业的借贷金额能够满足其所需的流动性成本，即 $c_t \leq \mu a_t \pi(K_t)$ 时， t 时期的设备质量投资才能在 $t+1$ 时期产生收益。

可以发现，设备质量投资将会以一定概率在 $t+1$ 时期产生收益：

$$Pr[c_t \leq \mu a_t \pi(K_t)] = F[\mu a_t \pi(K_t)] \quad (4)$$

t 时期出生的企业将选择设备投资计划 (K_t, Z_t) 来求解下述问题：

$$\max_{K_t, Z_t} \{a_t \pi(K_t) + E_t a_{t+1} q(Z_t) F[\mu a_t \pi(K_t)]\} \quad (5)$$

满足 $K_t + Z_t \leq W_t$

一阶条件求导：

$$a_t \pi'(K_t) + E_t a_{t+1} q'(Z_t) F'[\mu a_t \pi(K_t)] \mu a_t \pi'(K_t) + \theta = 0 \quad (6)$$

$$E_t a_{t+1} q'(Z_t) F[\mu a_t \pi(K_t)] + \theta = 0 \quad (7)$$

式 (6) 与式 (7) 相比可得：

$$\frac{q'(Z_t)}{\pi'(K_t)} = \frac{a_t + E_t a_{t+1} q(Z_t) F'[\mu a_t \pi(K_t)] \mu a_t}{E_t a_{t+1} F[\mu a_t \pi(K_t)]} \quad (8)$$

由于 $F[\mu a_t \pi(K_t)] = \left(\frac{\mu a_t \pi(K_t)}{c}\right)^\varphi$ ，因而有：

$$\frac{q'(Z_t)}{\pi'(K_t)} = \frac{a_t^{1-\rho-\varphi}}{\left[\frac{\mu \pi(K_t)}{c}\right]^\varphi} + \varphi \bar{c} \frac{q(Z_t)}{\pi(K_t)} \quad (9)$$

根据式 (9) 可知，如果 $1-\rho-\varphi < 0$ ，那么 Z_t 关于 a_t 递增， K_t 关于 a_t 递减。 $1-\rho < \varphi$ 意味着流动性风险的影响超过机会成本，占据主导地位。 φ 越大，流动性风险的周期性弹性越大，则流动性风险的影响越大； ρ 越大，影响持久度越大，则机会成本的影响越小。通常情况下，随着融资约束增加，流动性风险的影响增加，即 φ 会增加。除此之外， μ 能够反映融资约束程度，融资约束越高， μ 越小， $\left[\frac{\mu \pi(K_t)}{c}\right]^{-\varphi}$ 越大，则 Z_t 关于 a_t 的递增幅度越大， K_t 关于 a_t 递减幅度越小。

现实经济中金融市场不完备，尤其是发展中国家还存在制度不完善等问题。由于信息不对称、高风险性使得企业设备质量投资面临严重的融资约束，无法支持企业最优投资决策。当经济收益上升时，虽然长期投资的机会成本有所上升，企业多了一些短期投资机会，但是融资条件好转，使企业在这一阶段的设备质量投资增加。当经济收益下降时，虽然缺少有利的短期投资机会，但是设备质量投资作为长期投资的机会成本也会下降，加之融资约束收紧，迫使企业在这一阶段延缓设备质量投资。因此，如果企业存在融资约束且其影响超过机会成本，则企业设备质量投资与经济周期同向变动。

假说 1：存在融资约束时，经济周期对设备质量投资有正向影响，即设备质量投资顺周期

变动。

（二）设备质量投资顺周期性的成因分析

1. 经济周期上行期的创新策略分析。

在经济周期上行期，新产品的销售量不断增加，原有的小批量生产已不能与需求量相匹配，企业需要进行大规模生产。销量攀升使分摊到每件产品上的促销费用和前期研发费用大为减少，企业利润开始迅速上升。这一阶段消费者会重点关注产品的价格和质量，高质量低价格是每个企业占领市场，获取高额利润的重要手段。像汽车、机床、建筑机械等制造业产品，技术含量较高，工艺复杂，产品价格昂贵，且使用寿命相对较长，所以顾客在投资购买时会认真考虑产品的质量和价格。

由于工艺创新与扩大生产规模、降低产品成本、提高产品质量、增加产品利润息息相关，所以企业会加强工艺创新投入，削减产品创新投入。工艺创新促进机械设备自动化和标准化，促进产品大批量生产，提升产品质量和生产效率，降低生产成本，促进企业利润增加。企业通过长期生产过程中积累经验，设计适合本企业产品生产的先进设备。同时借助信息技术为新产品设计专用的生产设备，以期实现机械化、自动化和标准化，替代手工操作，达到高质量低成本的目的。技术的力量传导到经济活动中，企业购进相对少量的原材料便可支撑大规模生产，边际生产成本降低，产能大幅度增加。

假说 2a：在经济周期上行期，工艺创新增加、产品创新减少使设备质量投资增加。

2. 经济周期下行期的创新策略分析。

在经济周期下行期，企业难以通过工艺创新降低生产成本，产品价格下降到最低水平，加之产品销量下降，企业利润额不断降至亏损。经过激烈市场竞争留下的企业都能进行批量生产，产品普及率极高，性能更好的替代产品出现。消费者转向购买替代产品，老产品即将退出市场。这一阶段的企业需要进行产品创新实现产品更新换代，形成和满足新一轮的需求高潮，把握市场变化主动权。

在需求量急速减少的下行期，企业对生产设备改进的投资也开始减少。企业改造产品生产设备，将其用于企业其他产品生产，抑或是企业通过扩散零部件或整机装配生产线的办法，将非核心生产业务转包给其他想进入该行业的生产企业。两种方式均能够降低生产成本、提高生产效率、增强自身竞争力，但是对于生产设备质量的提升作用不大。经济周期下行期的工作重点在于“转”，要求企业具备持续创新能力，通过持续创新形成新一轮的经济周期。

假说 2b：在经济周期下行期，产品创新增加、工艺创新减少使设备质量投资减少。

三、模型设定与数据来源

（一）数据来源与样本划分

本文选取 2013—2022 年沪深交易所上市公司数据进行实证研究，并对样本进行如下处理：

（1）选取证监会行业分类为制造业的公司；（2）剔除 B 股公司；（3）剔除 ST 和 ST*的公司；（4）剔除存在数据缺失的公司；（5）对有计量单位的变量取对数以消除量纲影响；（6）本文中所用托宾 Q 值数据来源于国泰安数据库，其他数据均来源于 WIND 数据库。

由于融资约束对设备质量投资顺周期性有重要影响, 所以本文根据融资约束划分样本企业进行比较分析。本文使用 Sa 指数代表融资约束, Sa 指数越高, 融资约束越紧; Sa 指数越低, 融资约束越松。计算公式为: $Sa = -0.737 \ln(\text{Accets}) + 0.043 \ln(\text{Accets})^2 - 0.04 \ln(\text{Age})$ 。 $\ln(\text{Accets})$ 为企业资产的对数, $\ln(\text{Age})$ 为企业年龄。计算出每年各企业的 Sa 指数值之后, 对每年的 Sa 指数分别排序, 并取二等分。将 Sa 指数值较小的企业划定为低融资约束企业, Sa 指数值较大的企业划定为高融资约束企业。

(二) 变量定义与统计性描述

1. 被解释变量。

设备质量投资 (*Quality*)。参考吴福象等 (2021) 的研究, 本文使用托宾 Q 与研发投入的乘积衡量设备质量投资。首先, 当期研发投入涉及购买先进机器设备、雇佣高技术人才和引进专利技术等, 所以当期研发投入中的一部分代表当期先进设备投资情况。其次, 使用托宾 Q 值衡量研发投入中设备质量投资的占比。设备资本沉没成本高, 使用年数有限, 只有预期到设备资本带来的未来利润大于当期投资成本时, 企业才会投资设备资本。最后, 将当期的研发投入与托宾 Q 值相乘, 表示当期设备质量投资。

2. 核心解释变量。

经济周期 (*Cycle*)。本文借鉴 Aghion et al. (2010) 的做法, 使用销售利润增长率衡量经济周期, 具体计算公式为: 当期销售利润增长率 = [(上一期销售利润 - 当期销售利润) / 上一期销售利润] × 100%。此外, 本文还采用 HP 滤波法剔除趋势项, 通过分离出时间序列中的周期成分作为周期增长率, 用以代表微观企业层面的经济周期波动变量。

工艺创新 (*Proc*)。借鉴胡馨月等 (2017) 的研究, 本文使用生产效率指数衡量工艺创新。 $\text{effch} > 1$ 代表当期生产效率提高, 说明存在工艺创新活动, 则 *Proc* 取值为 1; $\text{effch} \leq 1$ 代表当期生产效率没有变化, 说明没有发生工艺创新, 则 *Proc* 取值为 0。

产品创新 (*Prod*)。借鉴 Zhou et al. (2016) 和陈思等 (2017), 本文采用专利数量来测量企业的产品创新情况。相比专利申请数量, 最终被授权的专利申请数更能客观、准确反映企业的产品创新水平, 所以本文采用企业每年申请的被授权的专利数衡量产品创新情况。

3. 控制变量。

企业年龄 (*Age*)。企业年龄会对全要素生产率产生影响, 本文使用当年年份减去企业注册年份再加一计算企业年龄。股权集中度 (*Top*)。股权集中度对企业的投资决策有重要影响, 本文使用前十大股东的持股比例衡量企业的股权集中度。企业所有制 (*Own*)。本文按照企业所有权属性对企业分类, 非国有企业取值为 0, 国有企业取值为 1。资本密集度 (*Dens*)。资本密集度会影响企业投资行为, 本文使用固定资产与员工数量之比来衡量资本密集度。现金流 (*Cash*)。现金流是短期企业经营的重要流通资源, 企业本期现金流状况会显著影响企业的投资预期和外部融资约束。本文使用本期经营活动产生的现金净流量与期末总资产之比衡量现金流。营运资本 (*wk*)。本文使用营运资本来衡量企业内部融资流动性, 使用流动资产与流动负债的差值与总资产之比计算。企业规模 (*Size*)。本文按照《关于印发中小企业划型标准规定的通知》对企业规模分类, 中小型企业取值为 0, 大型企业取值为 1。资本收益率 (*Roa*)。资本收益率能够影响到企业扩大生产规模、新技术应用和研发创新投入, 进而提升生产率。本文使用企业净利润与所有者权益的比例衡量资本收益率。

表 1

变量说明

被解释变量	变量名	变量描述	测算方法
	<i>Quality</i>	设备质量投资	托宾 Q ×研发投入
核心解释变量	<i>Cycle</i>	经济周期	销售利润增长率 (HP 滤波法)
	<i>Proc</i>	工艺创新	生产效率指数 (effch)
	<i>Prod</i>	产品创新	被授权专利申请数
控制变量	<i>Age</i>	企业年龄	当年年份-企业注册年份+1
	<i>Top</i>	股权集中度	前十大股东持股比
	<i>Own</i>	企业所有制	国有企业=1, 非国有企业=0
	<i>Dens</i>	资本密集度	固定资产净额/员工总数
	<i>Cash</i>	现金流	经营生产活动产生的现金流量净额/总资产
	<i>wk</i>	营运资本	(流动资产-流动负债)/总资产
	<i>Size</i>	企业规模	大规模企业=1, 中小规模企业=0
	<i>Roa</i>	资本收益率	企业净利润/所有者权益

数据来源: WIND 数据库, 经作者整理得到。

(三) 计量模型设定

为了检验假说 1, 建立计量模型如下。

$$Quality_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 Cycle_{it} + Ctrl_{it} + Firmfe_{it} + Yearfe_{it} + \varepsilon_{it} \quad (10)$$

其中, $Quality_{it}$ 代表企业 i 在第 t 期的设备质量投资, $Cycle_{it}$ 代表企业 i 在第 t 期的经济周期发展情况。如果设备质量投资与经济周期同向变动, 则 $\alpha_1 > 0$; 如果设备质量投资与经济周期反向变动, 则 $\alpha_1 < 0$ 。 $Ctrl_{it}$ 代表企业 i 在第 t 期的控制变量, $Yearfe_{it}$ 代表年份固定效应, $Firmfe_{it}$ 代表行业固定效应。

为了检验假说 2a 和 2b, 构建如下计量模型。

$$Quality_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 Proc_{it} + Ctrl_{it} + Firmfe_{it} + Yearfe_{it} + \varepsilon_{it} \quad (11)$$

$$Cycle_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 Proc_{it} + Ctrl_{it} + Firmfe_{it} + Yearfe_{it} + \varepsilon_{it} \quad (12)$$

$$Quality_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 Prod_{it} + Ctrl_{it} + Firmfe_{it} + Yearfe_{it} + \varepsilon_{it} \quad (13)$$

$$Cycle_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 Prod_{it} + Ctrl_{it} + Firmfe_{it} + Yearfe_{it} + \varepsilon_{it} \quad (14)$$

其中, $Quality_{it}$ 代表企业 i 在第 t 期的设备质量投资, $Cycle_{it}$ 代表企业 i 在第 t 期的经济周期发展情况。 $Proc_{it}$ 代表企业 i 在第 t 期的工艺创新, $Prod_{it}$ 代表企业 i 在第 t 期的产品创新。如果假说 2a 和 2b 成立, 工艺创新与设备质量投资和经济周期正相关, 则式 (11) 和式 (12) 中的 $\alpha_1 > 0$; 产品创新与设备质量投资和经济周期负相关, 则式 (13) 和式 (14) 中的 $\alpha_1 < 0$ 。 $Ctrl_{it}$ 代表企业 i 在第 t 期的控制变量, $Yearfe_{it}$ 代表年份固定效应, $Firmfe_{it}$ 代表行业固定效应。

四、实证结果分析

(一) 经济周期与设备质量投资的关系

表 2 报告了经济周期与设备质量投资的关系, 其中第 (1) 和 (4) 列、第 (2) 和 (5) 列、第 (3) 和 (6) 列分别为全样本企业、低融资约束企业、高融资约束企业的回归结果。第 (1)

列和第 (4) 列的结果显示, *Cycle* 对 *Quality* 的影响系数均在 1% 的水平上显著为正, 说明无论是否考虑控制变量, 经济周期与设备质量投资均同向变动。第 (2) 列和第 (5) 列的结果显示, *Cycle* 对 *Quality* 的影响系数在 5% 的水平上显著为正, 说明经济周期对低融资约束企业的设备质量投资均有正向影响。第 (3) 列和第 (6) 列的结果显示, *Cycle* 对 *Quality* 的影响系数约为 0.022, 在 1% 的水平上显著, 说明经济周期对高融资约束企业的设备质量投资有正向影响。观察表 2 发现,

表 2 经济周期与设备质量投资的关系

	全样本	低融资约束	高融资约束	全样本	低融资约束	高融资约束
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>Cycle</i>	0.019***	0.013**	0.022***	0.018***	0.013**	0.022***
<i>Own</i>				-0.013	-0.041	0.009
<i>Age</i>				-0.050*	-0.049***	-0.040**
<i>Top</i>				0.003	0.010	0.020**
<i>Dens</i>				-0.007*	-0.023**	0.007
<i>Cash</i>				0.039**	0.017**	0.048*
<i>wk</i>				0.017**	-0.003*	0.017***
<i>Size</i>				-0.009**	-0.004	-0.010*
<i>Roa</i>				-0.130***	-0.073*	-0.031
<i>Firmfe</i>	Y	Y	Y	Y	Y	Y
<i>Yearfe</i>	Y	Y	Y	Y	Y	Y
<i>Obs</i>	8020	4010	4010	8020	4010	4010
<i>R</i> ²	0.660	0.865	0.791	0.758	0.772	0.845

注: ***、**、*分别表示 1%、5% 和 10% 的显著性水平, 下同。

在考虑控制变量前后, *Cycle* 的影响系数变化不大, 并且高融资约束企业的影响系数大于全样本企业和低融资约束企业。表 2 的回归结果符合假说 1 的观点, 能够证明设备质量投资与经济周期同向变动。此外, 还可以发现, 融资约束越高, 企业的设备质量投资顺周期性越高。

内生性检验。本文使用经济周期滞后一期作为工具变量, 通过工具变量法进行内生性检验, 回归结果如表 3 所示。第 (1) 列和第 (4) 列以及第 (3) 列和第 (6) 列的回归结果与基准回归结果较为相近, 说明经济周期对全样本企业和高融资约束企业的设备质量投资有正向影响。第 (2) 列和第 (5) 列的结果存在差异, *Cycle* 对 *Quality* 的估计值不显著, 说明经济周期对低融资约束企业的设备质量投资没有显著的促进作用。表 3 的回归结果基本能够验证设备质量投资顺周期变动, 并且高融资约束企业的设备质量投资顺周期性较强。

表 3 稳健性检验 1: 工具变量法

	全样本	低融资约束	高融资约束	全样本	低融资约束	高融资约束
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>Cycle</i>	0.024**	0.012	0.033**	0.024**	0.012	0.030**
<i>Own</i>				0.010	-0.014	0.028
<i>Age</i>				-0.014*	-0.011***	-0.012**
<i>Top</i>				0.010*	0.010	0.012
<i>Dens</i>				-0.003	-0.010*	-0.024

创新策略与设备质量投资周期性

<i>Cash</i>				0.042**	0.025*	0.050***
<i>wk</i>				0.010	0.009	0.015
<i>Size</i>				-0.009	-0.010	0.002
<i>Roa</i>				-0.121**	-0.053***	-0.025*
<i>Firmfe</i>	Y	Y	Y	Y	Y	Y
<i>Yearfe</i>	Y	Y	Y	Y	Y	Y
<i>Obs</i>	7218	3609	3609	7218	3609	3609
<i>R</i> ²	0.456	0.521	0.381	0.420	0.538	0.414

更换被解释变量。本文使用经过资本质量指数调整的固定资产投资（吴福象等，2021）作为新指标，替代设备质量投资进行稳健性检验，回归结果如表 4 所示。与基准回归结果相比，第（1）列和第（4）列以及第（3）列和第（6）列的回归结果较为相近，*Cycle* 的影响系数显著为正；第（2）列和第（5）列的回归结果有差异，*Cycle* 的影响系数不显著。这意味着，经济周期对全样本企业和高融资约束企业的设备质量投资有显著的积极影响，对低融资约束企业的设备质量投资影响不显著，因此表 4 基本能够证实基准回归结果的稳健性。

更换核心解释变量。本文使用销售收入增长率替代销售利润率衡量经济周期，进行稳健性检验。表 5 报告了更换核心解释变量后的稳健性检验结果，第（4）列的结果显示，*Cycle* 对 *Quality* 的影响系数为 0.015，在 1% 的水平上显著，说明经济周期对设备质量投资有正向影响；第（5）列的结果显示，*Cycle* 对 *Quality* 的影响系数不显著，说明经济周期对低融资约束企业的设备质量投资没有显著影响；第（6）列的结果显示，*Cycle* 对 *Quality* 的影响系数在 1% 的水平上显著为正，说明经济周期对高融资约束企业的设备质量投资有正向影响。可以发现，表 5 的回归结果与基准回归结果比较相似，能够证实基准回归结果的稳健性。

（二）设备质量投资顺周期性的成因分析

表 6 报告了设备质量投资顺周期性形成原因的回归结果，也即创新策略对设备质量投资周期性的影响。第（1）～（4）列为工艺创新对设备质量投资和经济周期的影响结果。第（1）列和第（3）列的结果显示，在考虑控制变量前后，*Proc* 对 *Quality* 的影响系数分别为 0.019 和 0.031，均在 1% 的水平上显著，说明工艺创新对设备质量投资有显著的促进作用。第（2）列和第（4）列的结果显示，*Proc* 对 *Cycle* 的影响系数显著为正，说明工艺创新对经济周期有正向影响。第（5）～（8）列为产品创新对设备质量投资和经济周期的影响结果。第（5）列和第（7）列的结果显示，在考虑控制变量前后，*Prod* 对 *Quality* 的影响系数分别为 -0.011 和 -0.013，在 10% 的水平上显著；第（6）列和第（8）列的结果显示，*Prod* 对 *Cycle* 的影响系数在 10% 的水平上显著为负。这意味着产品创新对企业设备质量投资和经济周期有显著的负向影响。表 6 的回归结果符合假说 2a 和 2b 的观点，能够证明工艺创新增加导致设备质量投资与经济周期同向增加，产品创新增加导致设备质量投资与经济周期同向减少。

表 4 稳健性检验 2：更换被解释变量

	全样本	低融资约束	高融资约束	全样本	低融资约束	高融资约束
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>Cycle</i>	0.021**	0.009	0.016***	0.019**	0.009	0.012**

Own				-0.035	0.007	-0.090
Age				0.017*	0.030**	0.009**
Top				0.042*	0.055***	0.015*
Dens				0.022	0.010	0.013
Cash				-0.029*	-0.002**	-0.010*
wk				0.021*	0.035**	0.013
Size				0.013	0.014	0.015
Roa				0.020	0.023*	0.019
Firmfe	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Yearfe	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Obs	8020	4010	4010	8020	4010	4010
R ²	0.314	0.459	0.452	0.353	0.386	0.358

表 5

稳健性检验 3: 更换核心解释变量

	全样本	低融资约束	高融资约束	全样本	低融资约束	高融资约束
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Cycle	0.015***	0.010	0.023***	0.015***	0.010	0.020***
Own				-0.010	-0.041	-0.015
Age				-0.055**	-0.057***	-0.060*
Top				0.015	0.021	0.022
Dens				-0.012*	-0.010*	-0.012*
Cash				0.039*	0.031*	0.049*
wk				0.020***	0.015	0.016***
Size				-0.012	-0.010	-0.009
Roa				-0.150**	-0.093**	-0.055**
Firmfe	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Yearfe	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Obs	8020	4010	4010	8020	4010	4010
R ²	0.785	0.678	0.895	0.726	0.819	0.907

表 6

设备质量投资顺周期性的成因分析

	Quality (1)	Cycle (2)	Quality (3)	Cycle (4)	Quality (5)	Cycle (6)	Quality (7)	Cycle (8)
Proc	0.019***	0.017*	0.031***	0.018**				
Prod					-0.011*	-0.026*	-0.013*	-0.026*
Own			0.015	0.033			0.025**	0.018*
Age			-0.049*	-0.030**			-0.058*	-0.036*
Top			0.006	-0.055*			0.006	-0.057*
Dens			-0.009*	-0.012*			-0.009*	-0.011*
Cash			0.039***	0.041***			0.042***	0.037***
wk			0.020**	-0.039**			0.019*	-0.041**
Size			-0.011**	-0.009**			-0.010**	-0.011**
Roa			-0.150*	-0.143*			-0.139	-0.140*
Firmfe	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Yearfe	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Obs	8020	8020	8020	8020	8020	8020	8020	8020

创新策略与设备质量投资周期性

R^2	0.786	0.757	0.815	0.766	0.787	0.755	0.890	0.765
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

本文根据企业融资约束度, 将全样本企业划分为低融资约束企业和高融资约束企业 (以企业融资平均值为界), 进行异质性检验, 结果如表 7 所示。第 (1) ~ (4) 列为低融资约束企业的检验结果。第 (1) ~ (2) 列的结果显示, *Proc* 对 *Quality*、*Cycle* 的影响系数均在 1% 的水平上显著为正, 这意味着工艺创新对低融资约束企业的设备质量投资和经济周期有显著的积极影响; 第 (3) ~ (4) 列的结果显示, *Prod* 对 *Quality*、*Cycle* 的影响系数均不显著, 说明产品创新对低融资约束企业的设备质量投资和经济周期无显著影响。第 (5) ~ (8) 列为高融资约束企业的检验结果。第 (5) ~ (6) 列的结果显示, *Proc* 对 *Quality*、*Cycle* 的影响系数均不显著, 说明工艺创新对高融资约束企业的设备质量投资和经济周期没有影响; 第 (7) ~ (8) 列的结果显示, *Prod* 对 *Quality*、*Cycle* 的影响系数均不显著, 说明产品创新对高融资约束企业的设备质量投资和经济周期没有影响。

表 7 融资约束异质性检验

	低融资约束				高融资约束											
	(1)		(2)		(3)		(4)		(5)		(6)		(7)		(8)	
	<i>Quality</i>	<i>Cycle</i>														
<i>Proc</i>	0.051***	0.051***					0.020		0.007							
<i>Prod</i>			-0.005	-0.020									-0.016	-0.020		
<i>Own</i>	-0.036	-0.015	0.040	0.017	0.007				0.037		0.010		0.037			
<i>Age</i>	-0.039*	-0.015**	-0.047**	-0.039***	-0.050*				-0.037*		-0.055*		-0.040**			
<i>Top</i>	0.015*	-0.044***	0.015	-0.049*	0.021**				0.040		0.019**		-0.036*			
<i>Dens</i>	-0.010	-0.015*	-0.010	-0.017**	-0.011**				-0.004		-0.012**		-0.007			
<i>Cash</i>	0.031	0.035**	0.032***	0.035*	0.047***				0.051*		0.046*		0.047*			
<i>wk</i>	-0.002	0.057*	-0.004	-0.057	0.031**				0.029		0.032**		-0.027*			
<i>Size</i>	-0.007*	-0.008	-0.009**	-0.008	-0.004*				-0.004		-0.006		-0.004***			
<i>Roa</i>	-0.076*	-0.076	-0.061	-0.087*	-0.031***				-0.035**		-0.031		-0.039			
<i>Firmfe</i>	Y	Y	Y	Y	Y				Y		Y		Y			
<i>Yearfe</i>	Y	Y	Y	Y	Y				Y		Y		Y			
<i>Obs</i>	4010	4010	4010	4010	4010				4010		4010		4010			
R^2	0.756	0.727	0.814	0.747	0.772				0.875		0.726		0.875			

五、研究结论与启示

基于企业投资结构周期模型, 本文研究了经济周期与设备质量投资的关系, 以及创新策略对设备质量投资顺周期性形成的影响, 并提出相应研究假说; 之后利用上市公司面板数据, 构建计量模型, 对研究假说进行实证检验。主要得到以下结论: 首先, 经济周期对设备质量投资有正向影响。设备质量投资随着经济周期上行而增加, 随着经济周期下行而减少, 即设备质量投资顺周期变动。其次, 创新策略变化是设备质量顺周期性的形成原因。工艺创新增加、产品创新减少导致设备质量投资与经济周期同向增加, 产品创新增加、工艺创新减少导致设备质量投资与经济周期同向减少。

根据上述研究结论,本文提出如下政策建议。一方面,正确认识设备类投资发挥作用周期性。作为设备投资的主要行业,制造业应注重进一步优化设备引进的技术结构,提高技术引进效率,避免设备闲置和规模盲目扩大。促进科技与经济深度融合,激发企业对接市场需求,自主升级生产技术、更新改造生产设备的动力。引导和鼓励制造业先进设备和核心部件的引进和研发,借助其带来的体现型技术进步提高生产效率。加快自身创新能力培养和创新体系的建设,提高制造业核心技术和关键零部件的自给率,夯实制造业发展基础。另一方面,针对不同阶段采取差异化创新策略。在发展较为落后的情况下,企业创新资源相对匮乏,此时不能单纯依赖创新补贴、税收减免等优惠政策,应该慎重选择创新策略,将着力点放在适合该技术和经济发展阶段的创新策略上。企业在创新过程中应重视产品创新和工艺创新的匹配、协调与互动。产品创新和工艺创新存在相互加强的正反馈,先进的工艺技术是产品创新的前提,高质量的产品需求倒逼工艺创新。同时,企业内部产品创新和工艺创新在创新资源投入方面的竞争与合作能最大化资源利用率,使企业能通过提升产品差异化以及降低生产成本来获得双重竞争优势。

参考文献

- [1] 白雪洁,刘莹莹.生产性服务业外商直接投资对中国制造业生产率的影响检验——基于体现型技术进步视角[J].软科学,2021(12): 29-35.
- [2] 陈思,何文龙,张然.风险投资与企业创新:影响和潜在机制[J].管理世界,2017(1): 158-169.
- [3] 郭南芸,黄典.企业创新行为、制度环境与工业全要素生产率提升[J].首都经济贸易大学学报,2021(6): 43-58.
- [4] 胡大立,金晨远.制造业企业低端锁定程度与创新偏好选择[J].江西社会科学,2019(2): 96-103.
- [5] 胡馨月,黄先海,李晓钟.产品创新、工艺创新与中国多产品企业出口动态[J].国际贸易问题,2017(2): 24-34.
- [6] 华昱.设备投资专有技术冲击与宏观经济波动:基于贝叶斯估计的新凯恩斯动态随机一般均衡的研究[J].产业经济研究,2016(6): 67-76.
- [7] 李后建,张剑.企业创新对产能过剩的影响机制研究[J].产业经济研究,2017(2): 114-126.
- [8] 李寿德.消费者参考质量影响下厂商产品和工艺创新的动态最优控制研究[J].系统管理学报,2023(1): 101-108.
- [9] 邱冬阳,彭青青,赵盼.创新驱动发展战略下固定资产投资结构与经济增长的关系研究[J].改革,2020(3): 85-97.
- [10] 吴福象,刘彤彤,段巍.设备质量投资、技术等级阶梯与全要素生产率增长[J].产业经济研究,2021(1): 15-27.
- [11] Aghion P, Angeletos G M, Banerjee A. Volatility and Growth: Credit Constraints and the Composition of Investment[J]. Journal of Monetary Economics, 2010, 57(3): 246-265.
- [12] Aghion P, Hemous D, Kharroubi E. Credit Constraints, Cyclical Fiscal Policy and Industry Growth[J]. Journal of Monetary Economics, 2014, 62(C): 41-58.
- [13] Awan U, Arnold M G, Gölgeci I. Enhancing Green Product and Process Innovation: Towards an Integrative Framework of Knowledge Acquisition and Environmental Investment[J]. Business Strategy and the Environment, 2021, 30(2): 1283-1295.
- [14] Foucart R, Li Q C. The Role of Technology Standards in Product Innovation: Theory and Evidence from UK Manufacturing Firms[J]. Research Policy, 2021, 50(2): 104-157.
- [15] Lennox J, Jan W. Directed Technical Change with Capital-embodied Technologies: Implications for Climate Policy[J]. Energy Economics, 2017, 67: 400-409.
- [16] Li K, Lin B. How to Promote Energy Efficiency through Technological Progress in China[J]. Energy, 2018, 143: 812-821.
- [17] Ozturk E, Ozen O. How Management Innovation Affects Product and Process Innovation in Turkey: The Moderating Role of Industry and Firm Size[J]. European Management Review, 2020, 17(12): 1-18.
- [18] Wang N, Xiao M, Savin I. Complementarity Effect in the Innovation Strategy: Internal R&D and Acquisition of Capital with Embodied Technology [J]. Journal of Technology Transfer, 2020, 46: 1-24.
- [19] Zhou K Z, Gao G Y, Zhao H. State Ownership and Product Innovation in China: An Integrated View of Institutional and Efficiency Logics[J]. Administrative Science Quarterly, 2016, 62(2): 375-404.

Innovation Strategy and the Cycle of Equipment Quality Investment

Liu Tongtong¹ Zhang Yanqun¹ Wu Fuxiang²

(1. Institute of Quantitative and Technical Economics, Chinese Academy of Social Sciences;
2. School of Economics, Nanjing University)

Abstract: To promote the high-quality development of Chinese manufacturing industry, major technical equipment investment should be allocated according to the macroeconomic cycle to improve the efficiency of innovation resources. Based on the cyclical model of enterprise investment structure, this paper studies the relationship between equipment quality investment and economic cycle, and the impact of innovation model on the formation of the procyclicality of equipment quality investment. It is found that the equipment quality investment changes in the same direction as the economic cycle, and the equipment quality investment increases with the upward trend of the economic cycle and decreases with the downward trend of the economic cycle, that is, the equipment quality investment changes procyclically. Further analysis shows that the increase of process innovation leads to the increase of equipment quality investment in the same direction as the economic cycle, and the increase of product innovation leads to the decrease of equipment quality investment in the same direction as the economic cycle. Therefore, it proposes to correctly understand the cyclical role of equipment investment, optimize the technical structure of equipment introduction, and improve the efficiency of technology introduction; to adopt differentiated innovation models in different stages, carefully select innovation models, and focus on innovation models suitable for the stage of technological and economic development.

Key words: Equipment Quality Investment; Economic Cycle; Product Innovation; Process Innovation

(责任编辑: 黄煌)