

企业 R&D 投入与企业绩效关联度分析

——基于中美上市工业企业的实证研究

刘学之 王潇晖 张东 黄敬

(北京化工大学经济管理学院, 北京 100029)

〔摘要〕技术创新主要源自于具有导向性的研究和开发活动,是影响企业竞争力和可持续发展至关重要的因素。本文以中美范围内工业制造行业的 209 家上市工业企业为样本,结合企业 2009~2015 年相关数据,实证分析了 R&D 投入与企业绩效的关系。研究结果表明研发支出和企业经济绩效之间具有非线性关系,可用倒 U 型曲线来描述,R&D 投入具有动态边际效应,研发投入为销售额的 4% 时,企业相应的经济效益达到最优水平。最后,本文建议企业应该加大 R&D 投入力度,同时注重研发投入的最佳阈值,以获得最大的产出效益,提高企业技术创新的竞争能力。

〔关键词〕R&D 投入 企业绩效 工业企业 上市公司 技术创新 回归分析

DOI: 10.3969/j.issn.1004-910X.2017.11.019

〔中图分类号〕F275 〔文献标识码〕A

引言

创新是影响竞争力的核心因素,研究与开发(Research and Development, R&D)投入是提升自主创新能力的来源。科技部数据显示,2016 年,全社会 R&D 支出达 15440 亿元,占 GDP 比重 2.1%,其中,企业占比约为 78%。作为研发创新的重要主体,企业 R&D 投入是企业抢占份额、维持活力、保持可持续发展的决定性因素,2015 年,我国规模以上工业企业研发投入强度(企业研发经费与主营业务收入之比)为 0.9%。R&D 投入决定企业创新水平的高低,创新水平的高低又对企业经济绩效产生影响,但是由于创新成果转化存在时间滞后性,R&D 投入与企业经济绩效之间的关系尚未形成统一的结论。

1 研究综述

1963 年首次出版的经合组织弗拉斯卡蒂手册对 R&D 的通用参考标准作进行定义^[1]:“研发是一个涵盖基础研究、应用研究和实验开发等三项活动的术语”。学术界对研究开发支出与企业经济绩效关系迄今为止仍然没有达成一致结论。

大多数学者认为研发支出和企业经济绩效之间存在正相关关系。Coad 和 Rao (2009)^[2]认为研发对高成长型企业至关重要,并使用分位数回归方法证明了高科技行业中高增长公司 R&D 投入和销售增长之间的正相关关系;Del Monte 和 Papagni (2003)^[3]通过对 500 家意大利公司进行分析,证明其假设“高度重视研发的企业能够获得更高的销售增长率”,并认为 R&D 能为公司建立竞争壁垒;李健英(2015)^[4]结合京津冀地区上市企业 2009~2013 年数据,运用随机效应模型进行回归分析得出 R&D 投入与企业经营绩效之间存在正相关关系;赖丹、伍志婷(2016)^[5]选取 2009~2014 年深、沪两市 50 家新材料上市公司面板数据,证明 R&D 资金投入对当期财务绩效产生显著正效应。

少数学者认为企业研发支出与经营绩效之间存在负相关关系,Mank 和 Nystrom (2001)^[6]对 1992~1997 年之间计算机行业公司进行研究,得出研发支出和股东回报存在负相关关系的结论;陆玉梅、王春梅(2011)^[7]对 99 家制造业和信息技术业上市公司 2005~2008 年的数据进行分析,结果显示

收稿日期:2017-08-16

基金项目:“北京市科技计划项目”(项目编号:Z111100067311053);“北京市社会科学基金项目”(项目编号:14JGB040)。

作者简介:刘学之,北京化工大学经济管理学院副教授。研究方向:科技成果转化评价、低碳经济与管理政策等。王潇晖,北京化工大学经济管理学院硕士研究生。研究方向:低碳经济理论与政策、科技创新等。张东,北京化工大学经济管理学院硕士研究生。研究方向:上市公司信息披露。黄敬,北京化工大学经济管理学院硕士研究生。研究方向:企业环境责任。

R&D投入与企业经营绩效之间存在负向相关性。

大量研究证明研发支出和企业经济效益之间的线性关系,在此基础上,一些学者强调这种关系实际上要更为复杂和动态化,本质上是一种非线性关系,非线性关系又分为二次和三次关系。Chiou等(2011)^[8]以20家台湾生物技术公司为样本进行研究发现,研发支出和企业绩效之间呈现二次关系,同时确定了研发支出的阈值,当研发支出增长低于此阈值时,企业利润将会增加;当研发支出增长超过阈值时,将会引起企业利润减少。此外,Yang(2009)针对台湾上市企业科技制造公司的研究则发现R&D支出和公司财务绩效之间存在立方关系;盛宇华、路璐(2016)^[9]利用2010~2014年中国A股上市公司的非平衡面板数据,证明R&D投入与企业绩效呈先降后升又降的“倒N型”三次曲线关系。

通过梳理国内外相关文献,学者就R&D投入与企业绩效关系研究得出的结论主要是线性和非线性两种。线性关系研究使用的是仅能模拟线性关系的计量经济学模型,而非线性关系研究则以更全面的理论框架为基础,结合R&D边际效用动态效应,保证了模型能够同时检测线性和非线性两种关系。基于此,本文将以中美209家工业行业上市公司作为数据样本,选取2009~2015年共计7年期间的平均研发支出和企业绩效水平数据,通过线性和非线性关系的回归方法,结合企业业绩评价指标,对R&D投入与企业经济绩效之间的关联度进行分析,借此研究结果帮助研发管理人员理解R&D投入对企业经济绩效的影响,确定科学合理的研发投入。

2 实证研究设计

2.1 研究变量与指标选取

为探讨研发投入与企业经济绩效间关系,本文选择自变量、因变量和独立变量等三大类变量

进行定量分析,定义R&D强度为平均研发投入与总收入的比值,并以此衡量研发支出水平。

2.1.1 企业绩效指标

相比于单一变量的方法,选择双变量能够保证企业经济绩效评价的全面性和客观性,因此本文以平均销售增长率和EBITDA利润率作为企业经济绩效的衡量标准。

其中,EBITDA利润率代表息税、折旧和摊销前的收益,是盈利能力的关键测量指标,相比于净利润率,其对税收和会计方法调整的不敏感性,规避了实际操作中人为调整所带来的影响,此外,所用指标均为强度指标,以剔除企业规模因素的影响,从而提高了样本数据的可比性

2.1.2 控制变量

为规避公司区位差异以及企业规模对研究结果产生影响,要求样本对象企业主体大都位于中国大陆、香港、台湾、美国等较为发达、创新氛围浓烈的地区;其总部和主要业务所在地区具有同等发展水平。同时,回归分析中收入的对数将作为一个控制变量来约束企业规模这一因素,从而保证结果的科学性。

2.2 样本数据采集与处理

2.2.1 样本选择与数据来源

研发投入与企业经济绩效之间的关系将会受到行业不同的制约,本文拟将工业行业作为研究的考察对象,以随机挑选的209家工业行业上市公司(Wind全球工业)作为样本,其中中国大陆沪深两市工业行业上市公司38家、港台两地142家、美国29家,样本选择包括但不局限于例如工业机器人、采矿设备、自动化解决方案、建筑机械等制造商,以其2009~2015年期间研发支出、销售增长和EBITDA利润率数据为样本数据,所需数据均来自Wind金融资讯库。

表1 样本数据基本统计量分析

	Standard			
	Mean	Deviation	Max	Min
Average Sales Growth	1.01	0.06	1.15	0.84
Average EBITDA Margin	0.09	0.05	0.20	-0.08
Average R&D Intensity	0.02	0.02	0.14	0.00
Firm Size	1823.44	4952.92	51880.14	6.02

2.2.2 样本数据筛选

回归分析中使用的数据集包含 2009~2015 年期间平均研发支出、销售增长率、EBITDA 利润率和公司规模等指标。表 1 数据显示, 样本企业之间的销售增长率、EBITDA 利润率以及 R&D 强度均存在差异。本文对所取样本数据实施库克距离检验以去除具有高杠杆的极端异常值, 并取 0.05 的样本截距, 剔除高于该阈值的观测值, 确保样本数据中不存在具有绝对影响力的数据值, 不影响回归结果的精确性。

2.2.3 样本数据处理

企业研发投入与其对经济效益产生的影响之间存在滞后效应, 滞后效应的大小在不同企业以及企业内部不同研发项目之间存在显著差异。基于此, 本文将运用横截面回归方法结合时间序列平均值来进行研究, 实质上探讨 R&D 强度历史平均水平与历史平均财务绩效指标之间的关系, 但使用该平均变量指标的合理性取决于该均值是否能够代表企业 R&D 投入行为, 因此, 本文通过检验平均变量的标准偏差进行评估, 各变量的标准差分布如直方图 1~3 所示。

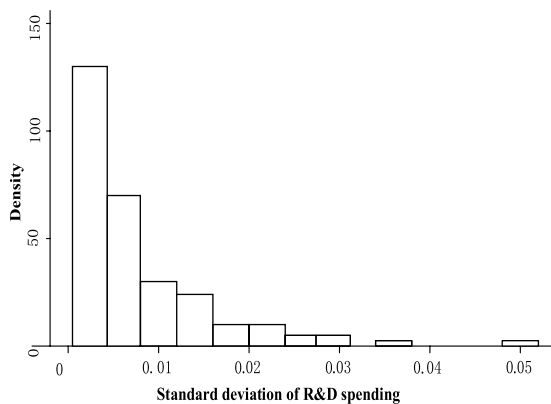


图 1 R&D 投入标准差分布直方图

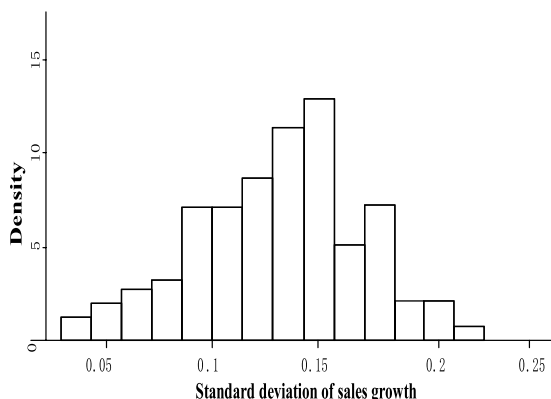


图 2 Sales Growth 标准差分布直方图

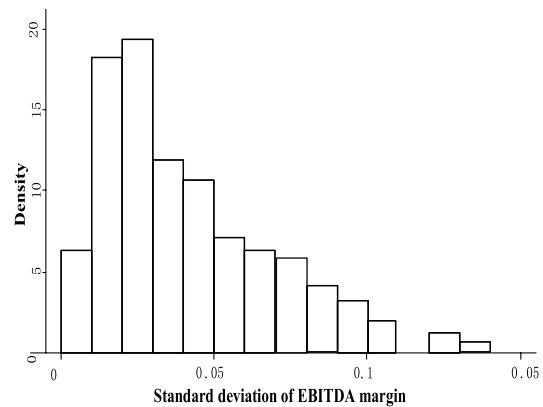


图 3 EBITDA Margin 标准差分布直方图

图 1~3 数据显示, 所有变量的标准差都相对较低, 因此, 系列平均值变量可以合理表示出样本本公司在一段时间内 R&D 强度、销售增长率和 EBITDA 利润, 在避免信息丢失的同时, 有效控制了时间滞后问题的影响。

2.3 研究模型构建

2.3.1 回归分析方法

本文将对每两个独立的因变量(销售增长率和 EBITDA 利润率)分别实施线性、二次和三次模型等 3 次回归分析, 考察不同图形的拟合效果, 据此建立最佳的样本数据拟合模型。

多元线性回归方程为:

$$y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \mu$$

其中, β_0 是截距, β_i 是与 X_i 相关的系数, μ 是误差项 (Wooldridge.2014)。一般多元线性回归方程的普通最小二乘 (OLS) 估计可以表示为:

$$\hat{y} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_1 + \hat{\beta}_2 X_2 + \dots + \hat{\beta}_k X_k$$

其中, \hat{y} 和 $\hat{\beta}_0$ 分别是 y 来说, 运用最小二乘回归分析方法能达到整体最理想的拟合, 符合研究的需要。

2.3.2 回归模型结果

本文以 209 家上市工业企业 2009~2015 年期间的数据为样本, 运用 OLS 回归分析企业平均 R&D 投入与平均经济绩效之间关系, 探索线性关系之外的其他可能性, 模型处理上, 对企业规模、区位等变量进行控制; 为解决 R&D 投资与 R&D 投资回报之间时滞性问题, 对企业 2009~2015 年期间纵向数据进行平均化处理; 为提高可比性, 选择以研发强度而不是绝对 R&D 投入作为研发支出的度量指标; 以销售增长率和 EBITDA 利润

增长率作为衡量公司经济绩效的指标,回归估计结果及相关的显著性判断如表2所示。

2.3.3 回归模型检验

通过对回归模型进行多层次检验证明所求OLS估计回归模型是成立的,具体估计检验结果如下:

(1) 线性参数、随机样本、不完全共线性检验

本文绘制了残差和每个解释变量的成分残差图,用以检验MLR线性参数的假设对于样本数据集是否成立,具体如图4~5所示。分析结果可知平均R&D强度和平均R&D强度平方的残差项呈线性分布,表明样本数据可以通过线性回归进行拟合,即线性参数检验通过。此外,样本数据全部通过随机抽样产生,因此可以推定随机样本的检验通过。

表2 回归估计结果及显著性判断

	Average Sales Growth			Average EBITDA Margin		
	Linear	Quadratic	Cubic	Linear	Quadratic	Cubic
Independent variables						
Average R&D Intensity	-0.127 (-0.734)	0.687* (1.670)	1.640* (1.953)	-0.278* (-1.941)	1.080*** (3.285)	1.382** (2.050)
R&D Intensity ²		-8.326** (-2.179)	-33.624* (-1.697)		-13.838*** (-4.546)	-21.843 (-1.377)
R&D Intensity ³			147.522 (1.301)			46.609 (0.514)
Constant	1.065*** (19.435)	1.058*** (19.429)	1.049*** (19.140)	0.140*** (3.108)	0.127*** (2.939)	0.124*** (2.844)
Control variables						
Firm Size	0.011 (1.132)	0.007 (0.652)	0.006 (0.556)	0.027*** (3.244)	0.020** (2.410)	0.020** (2.359)
Observations	206	206	206	204	204	204
R-squared	0.076	0.098	0.105	0.132	0.214	0.215
F-test	3.304***	3.597***	3.335***	6.005***	8.944***	7.676***

t-statistics in paranthese, p-value in brackets,***p<0.01, **p<0.05, *p<0.1。

$$\text{Average sales growth} = 1.058 + 0.867 \times \text{Average R\&D Intensity} - 8.326 \text{ Average R\&D Intensity}^2 + 0.007 \times \text{Firm size}$$

$$\text{Average EBITDA margin} = 0.127 + 1.080 \times \text{Average R\&D Intensity} - 13.838 \text{ Average R\&D Intensity}^2 + 0.020 \times \text{Firm size}$$

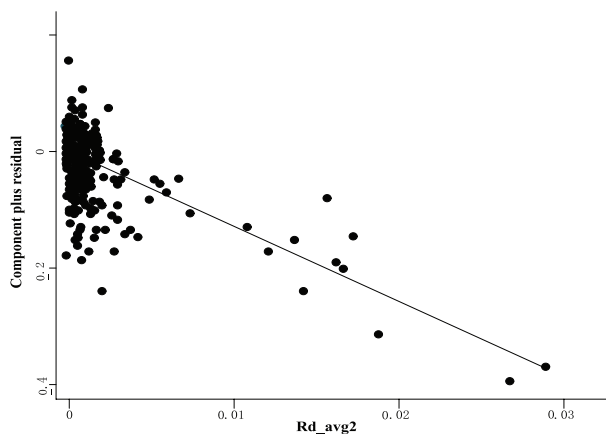


图4 销售增长率与R&D投入强度偏残差图

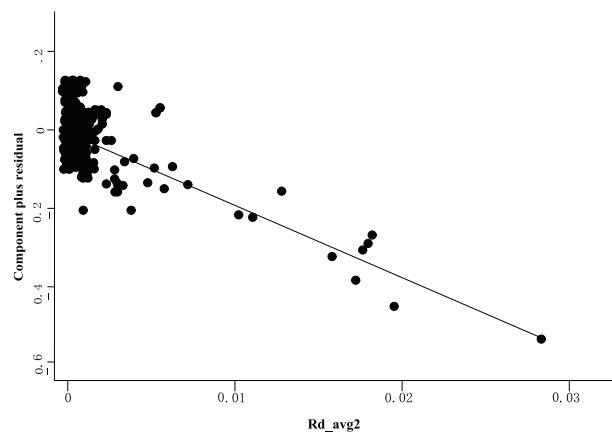


图5 EBITDA利润率与R&D投入强度偏残差图

表3 方差膨胀因子

Dependent Variable	Variance Inflation Factor
Sales Growth	
Average R&D	165
Average R&D ²	79
Average R&D ³	25
Mean	90
EBITDA Margin	
Average R&D	165
Average R&D ²	79
Average R&D ³	25
Mean	90

通过分析方差膨胀因子来检验非完全共线性,结果如表3所示,表明解释变量 EBITDA 利润率和销售增长率存在多重共线但不完全共线性,这是由平方项和变量造成的,因此,不完全共线性对于样本数据集同样成立。

(2) 零条件均值检验

本文进一步通过 Durbin-Watson 检验、散点图和 Link 检验(伍德里奇,2014)来检测该 MLR 假设,结果如表4所示,数据显示统计量值近似于2,即回归方程的残差项是不相关的,该结论也可通过企业和残差的散点图得到验证,如图6~7所示。

表4 D-W 检验

Dependent Variable	Durbin-Watson D-statistic
Sales Growth	2.11
EBITDA Margin	1.98

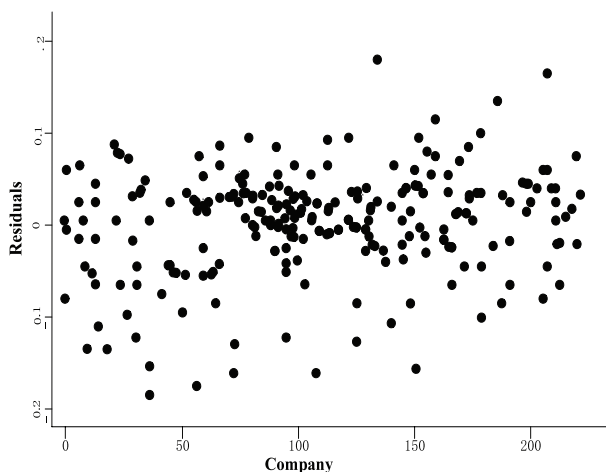


图6 销售增长率残差散点图

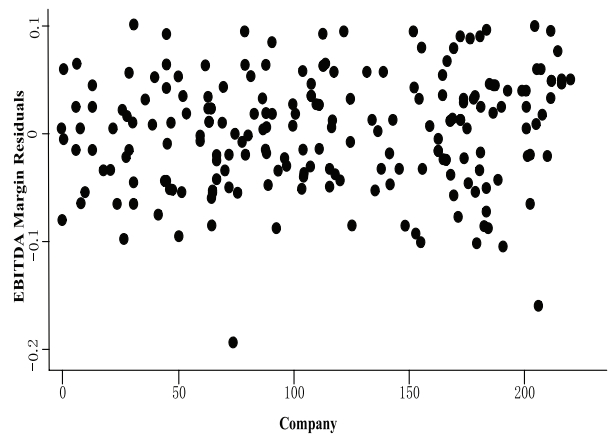


图7 EBITDA 利润率残差散点图

此外,通过进一步运用 Link 检验,对所设立的模型进行误设检验,结果如表5所示。检验结果显示,非线性组合对本研究所设立模型中的因变量没有解释能力,表明零条件均值的 MLR 要求对于样本数据集亦成立。

表5 Link 检验

Dependent Variable	Hat	Hat2
Sales Growth	41.2	19.71
EBITDA Margin	1.09	-0.73

(3) 同方差性检验

针对 MLR 条件对模型中 EBITDA 利润率和销售增长利润率实施 Breusch-Pagan 检验,具体结果如表6所示,表明本文所设立模型的残差具有同方差性,即同方差性检验通过。

表6 Breusch-Pagan 检验

Dependent Variable	Breusch-Pagan Test Statistic
Sales Growth	0.05
EBITDA Margin	1.07

此外,模型残差的正态性分布图8~11用以验证所用模型 t 检验及相应的 p 值对所估计模型系数的有效性,结果显示销售增长率和 EBITDA 利润率的残差都大致服从正态分布,因此,认定该模型是显著成立。

3 实证结果分析与讨论

3.1 研发投入强度和企业销售增长率的回归分析

基于回归分析结果和事后估计检验,对平均销售增长率建立二次回归模型,其中, R² 值为 0.1, 企业区位和规模等控制变量不具解释能力,研发投入强度与企业销售增长率的回归方程及拟合回

归曲线如图12所示。

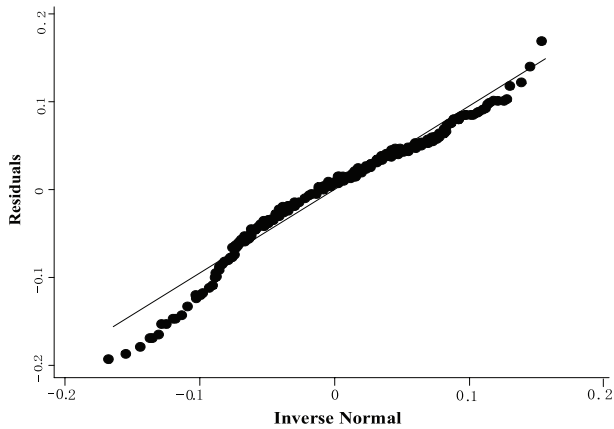


图8 销售增长率回归模型残差分位数图

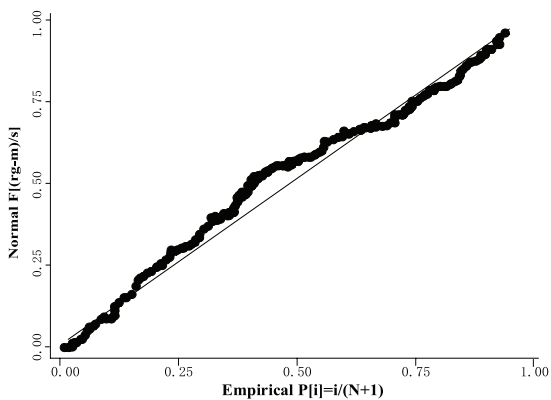


图9 销售增长率回归模型残差标准概率图

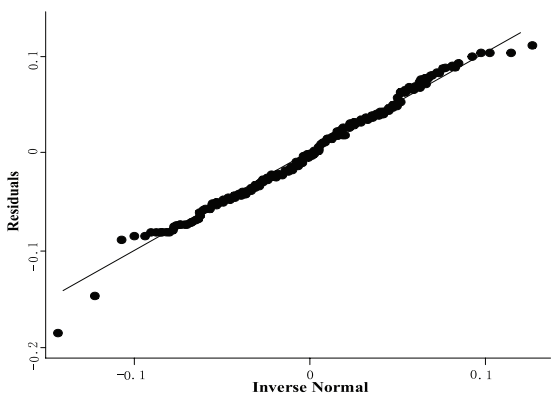


图10 EBITDA 利润率回归模型残差分位数图

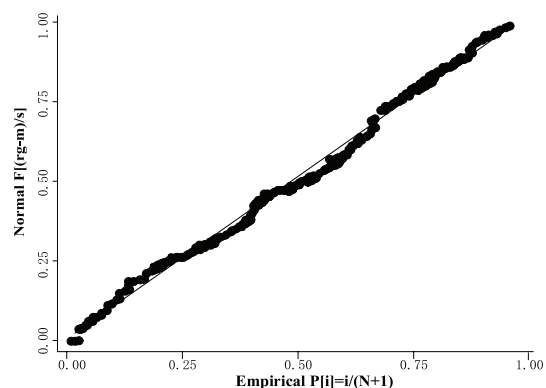


图11 EBITDA 利润率回归模型残差标准概率图

Average sales growth

$$= 0.867 \times \text{Average R\&D Intensity} + 0.007 \times \text{Firm size} - 8.326 \text{ Average R\&D Intensity}^2 + 1.058$$

$$R^2 = 0.098; F = 3.597$$

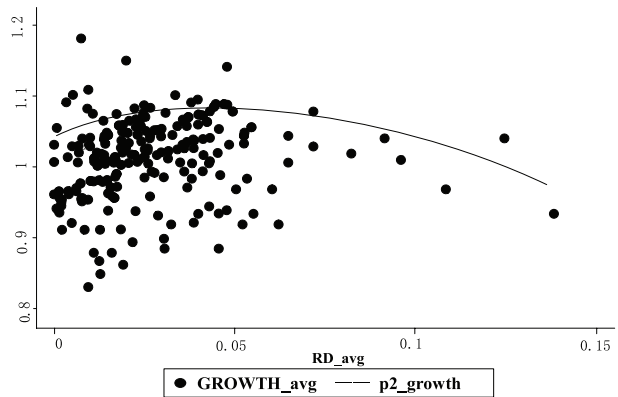


图12 平均销售增长率回归结果

线性变量的估计系数为0.687, P值小于0.1, 二次变量的估计系数为-8.326, P值低于0.05, 此外, 二次回归模型的R²值为0.098, F检验值为3.597, 表明二次回归模型显著成立, 但该回归结果无法解释线性和三次回归模型平均销售增长率。

3.2 研发投入强度和企业 EBITDA 利润率的回归分析

EBITDA 利润率的回归结果如图13所示, 结果表明线性和二次回归模型具有统计学意义, 而三次模型不成立。线性模型中, 相关系数值为-0.278, 规模较大企业控制变量的相关系数为0.027, 线性回归模型R²值为0.132, F检验值为6.005, 表明线性回归模型是显著成立的, 此外, 二次回归模型中线性相关系数为1.080, 二次相关系数为-13.838, 皆高度显著。该模型中, 规模较大企业控制变量相关系数为0.020, 较为显著, R²值为0.214, F检验值为8.944, 因而, 二次回归模型对于 EBITDA 利润率具有较强的解释能力。

Average EBITDA margin

$$= 1.080 \times \text{Average R\&D Intensity} + 0.020 \times \text{Firm size} - 13.838 \text{ Average R\&D Intensity}^2 + 0.127$$

$$R^2 = 0.214; F = 8.944$$

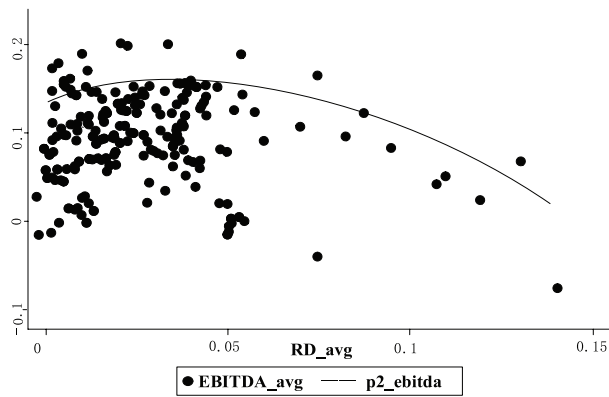


图 13 平均 EBITDA 利润率回归结果

综上所述, 线性和二次模型都是显著成立的, 但是二次模型拟合效果更好, 对平均 EBITDA 利润率解释效果更佳。尽管公司区位对平均 EBITDA 利润率几乎不存在影响, 但是大规模企业研发投入对 EBITDA 利润率的拉动效果要显著强于中小企业。综上所述, 本文认为对平均研发强度和平均 EBITDA 利润率建立开口向下的二次回归模型是合理的。

4 结论与建议

4.1 研究结论

本文选择中美 209 家工业企业的研发投入与绩效关系作为研究对象, 通过包括不完全共线性检验、零条件均值检验、同方差性检验等多层次检验证明研究所运用的 OLS 回归拟合模型是成立的, 同时, 二次回归模型对企业 R&D 投入与 EBITDA 利润率以及销售增长率之间关系拟合程度最佳, R&D 投入与企业经济绩效之间呈非线性“倒 U 型”关系。R&D 投入具有动态边际效应, 初始阶段企业研发投入将对经济绩效产生积极影响, 此时研发投入与回报呈正向增长, 但是存在占销售额 4% 的最优研发投入水平, 因此, 要实现企业研发投入回报效益的最大化, 应当适度考虑研发投入的动态边际效应。同时, 此数值可能会依据产业不同而有差异。

4.2 研究建议

(1) 企业管理者应当重视研发投资的动态边际效用, 以便确定合理的研发强度, 提高企业经济绩效。企业应注重研发投入的“倒 U 型”曲线关系, 寻找使绩效达到最优的 R&D 投入比例, 在研发投入边际效用增大阶段, 企业可以适当增

加开发支出; 反之, 企业适当缩减开发支出。尤其是当企业的研发强度达到最优水平时, 需要注意 R&D 项目新增投入与公司现有其他研发计划的协调; (2) 企业在加大研发投入的同时, 应当提升技术创新的商业化能力。首先, 针对无法受知识产权保护的技术改良, 应该具有独有的法律予以保护, 严格打击非法复原技术, 对企业利益造成损害; 其次, 企业应当注重互补性资产的配置, 以尽可能提高研发投入的效用。

参 考 文 献

- [1] Economic C. The Measurement of Scientific and Technical Activities: Proposed Standard Practice for Surveys of Research and Experimental Development [M]. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), 1994.
- [2] Coad, A. Rao, R. Innovation and Firm Growth in High-tech Sectors: A Quantile Regression Approach [J]. Research Policy, 2008, (7): 633~648.
- [3] Monte A D, Papagni E. R&D and the Growth of Firms: Empirical Analysis of a Panel of Italian Firms [J]. Research Policy, 2003, 32 (6): 1003~1014.
- [4] 李健英, 高燕. R&D 投入与企业经营绩效的关系——基于京津冀地区上市公司的数据分析 [J]. 科技与经济, 2015, (5): 71~75.
- [5] 赖丹, 伍志婷. 新材料上市公司 R&D 投入对企业财务绩效影响的实证研究 [J]. 江西理工大学学报, 2016, (2): 46~51.
- [6] Mank, D. A., Nystrom, H. E. Decreasing Returns to Shareholders From R&D Spending in the Computer Industry [J]. Engineering Management Journal, 2001, 13 (3): 3~8.
- [7] 陆玉梅, 王春梅. R&D 投入对上市公司经营绩效的影响研究——以制造业、信息技术业为例 [J]. 科技管理研究, 2011, (5): 122~127.
- [8] Chiou, J., Lee, Y. (2011). Efficiency and Profitability on Biotech-Industry in Small Economy [J]. International Journal of Business and Commerce, 1 (2): 1~24.
- [9] 盛宇华, 路璐. R&D 投入与企业绩效的倒 N 型关系研究 [J]. 南京社会科学, 2016, (1): 32~38.
- [10] 郑明秀. 基于 Probit 模型的上海市工业企业研发投入倾向分析 [J]. 对外经贸, 2017, (1): 128~131.
- [11] 李雪飞. 我国制造业企业研发投入的效率分析——基于上市公司的数据 [J]. 前沿科学, 2015, 9 (3): 64~69.
- [12] 梁伟真, 高小平, 左爱军, 等. 科技型中小企业资本结构与企业绩效: 研发投入的中介作用——基于创业板制造业上市公司的数据分析 [J]. 财会通讯, 2015, (9): 57~59, 80.

- [13] Manyika J, Dobbs R, Remes J, et al. Manufacturing the Future: The Next Era of Global Growth and Innovation [R]. McKinsey Global Institute, 2012.
- [14] 齐秀辉, 王维, 武志勇. 高管激励调节下研发投入与企业绩效关系研究 [J]. 科技进步与对策, 2016, 33 (15): 76~82.
- [15] Mcdaniel B A, Sharpe. Entrepreneurship and Innovation: an Economic Approach [M]. Entrepreneurship and Innovation: An Economic Approach. 2002.

An Analysis on the Relationship between R&D Investment and Performance of Chinese and American Industrial Enterprises

Liu Xuezhi Wang Xiaohui Zhang Dong Huang Jing

(School of Economics and Management, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China)

[**Abstract**] Technological innovation is mainly derived from oriented research and development activities, and it is the source of core competitiveness and sustainable improvement for modern enterprises. Based on the data of 209 listed industrial enterprises in the industrial manufacturing industry in China and the United States, this paper analyzes the relationship between R&D investment and enterprise performance. The results show that there is a nonlinear relationship between R&D expenditure and corporate economic performance. It can be described by inverted U-shaped curve, and when R&D investment has dynamic marginal effect, R&D investment is 4% of sales, the corresponding economic benefits of the enterprise are the best Level. Finally, this paper suggests that enterprises should increase R&D investment, while focusing on R&D investment in the best threshold to get the maximum output efficiency, improve the competitiveness of enterprise technology innovation and the commercial capacity of technological innovation.

[**Key words**] R&D investment; enterprise performance; industrial enterprises; listed enterprises; technology innovation; regression analysis

(责任编辑: 史琳)