

# 科技创新产出对空调龙头企业发展影响研究

黄敏浩 姚启明 宋明顺 黄佳<sup>\*</sup>

(中国计量大学)

**摘要:** 本文以格力、美的和海尔为研究对象,基于2011–2020年三家空调企业相关数据,运用皮尔逊相关分析、文献计量分析和DEA–Malmquist指数模型3种方法分析科技创新成果产出对企业经营状况的影响,研究发现:(1)三家空调企业的科技创新产出与毛利率和营业收入都呈正相关,其中发明专利授权量与毛利率呈显著正相关。(2)三家空调企业的发文作者合作网络虽已初步成型,但合作程度低;产学研的合作有待加强;空调企业需要在节能减排、智能家居等领域重点发展,以此赢得竞争优势。(3)海尔科技创新成果转化效率相较于格力、美的比较高,技术进步指数低是空调企业科技创新成果转化率不高的主要影响因素。

**关键词:** 空调龙头企业, 科技创新成果, 转化效率, 文献计量分析, DEA–Malmquist模型

DOI编码: 10.3969/j.issn.1674–5698.2023.04.002

## Research on the Influence of Scientific and Technological Innovation Output on the Development of Leading Air Conditioning Enterprises

HUANG Min-hao YAO Qi-ming SONG Ming-shun HUANG Jia<sup>\*</sup>

(China Jiliang University)

**Abstract:** Based on the relevant data of three air-conditioning enterprises, Gree, Midea and Haier, from 2011 to 2020, this paper takes the three enterprises as the research objects, and uses Pearson correlation analysis, Bibliometric analysis and DEA–Malmquist model to analyze the impact on the output of scientific and technological innovation achievements against the operation of enterprises, the results show that: (1) The scientific and technological innovation output of the three enterprises is positive with gross profit margin and operating income, and the amount of invention patent authorization is positive with gross profit margin significantly. (2) The author cooperation network has been formed, but the cooperation depth is low. Besides, the collaboration among enterprises, universities and research institutes needs to be strengthened, and air conditioning enterprises need to focus on energy conservation and emission reduction, smart home and other fields to win competitive advantages. (3) The transformation efficiency of Haier's scientific and technological innovation achievements is higher than that of Gree and Midea, and the low technological progress index is the main influencing factor influencing the low conversion rate of scientific and technological innovation achievements in air conditioning enterprises.

**Keywords:** air conditioning leading enterprise, output of scientific and technological innovation achievements, conversion efficiency, Bibliometric analysis, DEA–Malmquist model

**基金项目:** 本文受国家自然科学基金资助项目“智能制造情景下故障模式及影响分析方法研究”(项目编号: 72001196); 浙江省自然科学基金资助项目“基于FMEA改进模型的智慧城市信息安全风险评估研究”(项目编号: LQ21G010004)资助。

**作者简介:** 黄敏浩, 硕士研究生, 研究方向为质量管理与标准化工程。

姚启明, 硕士研究生, 研究方向为创新与标准化。

宋明顺, 教授, 博士, 研究方向为标准化与质量管理。

黄佳, 通讯作者, 副教授, 博士, 研究方向为质量管理与标准化工程。

## 1 引言

当今社会,科技创新能力已经成为决定企业综合竞争力的关键要素。空调作为我国目前具有全球竞争力的电器行业之一,据奥维云网统计,其2021年1~3季度市场零售额为1,231.9亿元,占整个家电市场零售额的22.75%。因此研究科技创新成果产出对空调企业经营状况的影响对于空调行业转型升级具有重要意义。

目前,已有不少学者开展了关于科技创新活动与企业经营状况关系的研究。例如:顾国爱<sup>[1]</sup>以461家国家级创新型企业为实证对象,利用结构方程模型分析科技创新对企业绩效的影响,结果表明科技投入和科技产出对企业绩效都有积极影响。韩素芬和刘霞<sup>[2]</sup>以河北省37家上市公司为例,利用多元线性回归模型研究科技投入与企业绩效的关系,结果表明与资本投入、一般劳动投入等生产要素相比,科技投入有助于河北省企业发展。卢柯颖<sup>[3]</sup>运用多元回归模型,对湖北省91家上市公司进行分析,探讨R&D投入对软件和信息技术服务企业绩效的影响机理,认为R&D投入对企业绩效具有显著的正向影响,但存在滞后效应。马克星和李珺<sup>[4]</sup>通过构建多元回归分析方程对24家农业上市公司进行相关性分析,结果表明企业内部创新投入对企业绩效的提高没有显著影响,而地方政府农业创新的投入能有效提高企业绩效。周柯和武墨涵<sup>[5]</sup>基于2010~2017年的省级统计数据运用DEA-BCC模型分析了科学研究活动和技术成果转化活动与制造业效率的关系,发现这两类创新活动对制造业效率的促进作用存在差异,技术成果转化活动的促进作用更明显。杨冬梅和万道侠<sup>[6]</sup>以246家高新技术公司为实证对象,利用双向固定效应模型和拓展C-D生产函数模型研究企业研发投入和绩效关系,结果表明企业的科技研发投入对企业绩效的促进作用具有滞后性。此外,也有学者聚焦于科技创新资源效率的研究。例如:罗珊和孙熹寰<sup>[7]</sup>以珠三角9市为实证对象,利用非期望产出的超效率SBM模型对2014~2018年的科技创新资源配置效率进行测度,运用Malmquist指数进一步评估效率的动态变化,结果表明珠三角科技创新资源配置效率总体较高。马艳艳和邵一博<sup>[8]</sup>基于2000~2018年宁夏农业科

技投入与产出数据,运用DEA模型对其科技资源配置效率进行测算,发现宁夏农业科技资源配置综合效率呈现阶段性不稳定波动现象,投入要素存在冗余现象。陶富和刘静<sup>[9]</sup>利用超效率DEA和Malmquist指数模型对京津冀区域科技资源配置静态和动态效率进行测算与分析,认为京津冀区域整体未达到资源配置有效状态,城市间发展不均衡。

通过梳理上述文献发现,现有研究大多关注科技研发投入与企业经营状况的关系,而关于企业科技创新成果产出是如何影响企业经营状况的研究较少。另一方面,研究空调企业科技创新成果转化效率有助于提高竞争力和创新能力,而涵盖这方面的文献较为缺乏。综上,由于格力、海尔和美的为空调行业三巨头,其销售总额分别占线上、线下总市场份额的72.5%和83.5%,居国产品牌领先地位;同时这三家企业属于上市公司,相关研究数据较易获得,因此本文拟选择格力、美的和海尔这3个企业作为研究对象。本文首先利用皮尔逊相关性检验(Pearson)分析空调企业的科技创新成果产出(专利、论文、标准等)作为科技创新能力的知识化具象指标对空调企业的经营状况(如:企业绩效和客户满意度)的影响;然后采用文献计量分析法对三家空调企业的文献进行分析从而揭示论文发表量如何进一步影响企业的发展;最后利用数据包络分析法(Data Envelopment Analysis, DEA)和曼奎斯特全要素生产率(Malmquist TFP)指数模型对三家空调企业的科技创新成果转化的静态效率和动态效率进行测算。相关研究结论能够为空调企业转型升级提供参考。

## 2 指标选取与数据来源

本文基于文献阅读和专家访谈等方式确定研究指标,并基于国家标准信息服务网、上市公司年报、Incopat数据库获取2011~2020年格力、美的和海尔三家空调企业的相关数据。

### 2.1 指标选取

企业效益和客户满意度是表征企业经营状况的两个重要指标<sup>[10, 11]</sup>,而科技创新成果产出是决定企业市场规模和地位的关键因素。为了深入研究科技创新成果产出对企业经营状况的影响,本文选取了

企业经营状况和科技创新成果产出作为一级指标。

首先,营业收入、营业利润以及毛利率等都是衡量企业绩效的重要维度。其中,营业收入是企业主要的经营成果,毛利率是衡量企业盈利水平的重要指标,因此为了更全面地反映企业的经营状况,选取营业收入、毛利率和客户满意度作为分析企业经营状况的二级指标。另一方面,本文选取论文发表量、发明专利授权量和标准发布量用以分析空调企业的科技创新成果产出能力<sup>[1, 12, 13]</sup>。这是因为:科技文献是科技创新成果产出的载体,知识生产和原创性成果多以科技论文的方式进行传播,而科技论文的发表量(数量和质量)是衡量某单位或学者对该领域做出技术贡献的重要依据<sup>[14, 15]</sup>。其次,标准是科学、技术和实践经验的总结,在引领产业升级、高质量发展、创新研发等方面发挥着独特作用<sup>[16]</sup>,因此标准也是一项体现研发活动成果存量的指标<sup>[17]</sup>。本文选取标准发布量作为企业标准化的衡量指标,这是因为虽然企业的标准化人员、标准化投入资金、是否设立标准化机构等都是衡量企业标准化的重要指标<sup>[18]</sup>,但是标准发布量相对于其他指标是最易获得且最能直观反映企业标准化水平的指标。最后,专利是发明创造的内容,是衡量企业技术创新的常用指标<sup>[19]</sup>。本文选取发明专利授权量作为专利产出的衡量指标,是因为发明专利是专利中的核心竞争力<sup>[20]</sup>,其次授权的发明专利相较于申请的发明专利更具有科技含量,更能衡量企业的科技创新水平。综上,本文研究的指标体系选取见表1。

表1 指标设置

一级指标	二级指标
科技创新产出	标准发布量
	论文发表量
	发明专利授权量
企业经营状况	毛利率
	营业收入
	客户满意度

## 2.2 数据来源

根据表1的指标体系,本文从2011-2020年年度报告中收集格力、美的和海尔公司营业收入和毛利率数据,从《中国客户满意度手册》中收集客户满意度数据;然后分别从全国标准信息公共服务平台、Incopat数据库以及中国知网收集标准发布量、发明专利授权

量和论文发表量的相关数据(具体见表2)。

## 3 实证分析

为了全面有效地分析科技创新成果产出对空调企业经营状况的影响,本文首先利用皮尔逊相关系数法分析各类科技创新成果产出情况与企业经营状况的相关性;其次,通过文献计量分析法识别格力、美的和海尔这三家企业在空调研究领域的主要作者及机构,分析该领域的研究热点,从而揭示论文类的科技创新成果产出与企业经营发展的内部联系。最后,运用DEA和Malmquist TFP指数模型研究科技创新成果产出的转化效率与企业的经营发展是否协调匹配。

### 3.1 相关性分析

表3是利用皮尔逊系数法分析格力、美的和海尔三家企业的科技创新成果产出与经营状况的相关性,由Pearson相关性检验分析得到以下结论。

(1)三家企业的科技创新成果产出与客户满意度不存在显著相关性,这可能是因为客户满意度大多与服务质量、感知价值有关,即客户在使用产品的过程中比较注重产品的外部价值和售后服务的质量<sup>[21]</sup>。而对于产品的发明专利、论文发表或者标准发布方面关注度不高。

(2)三家企业的科技创新成果产出与毛利率均呈正相关,其中发明专利授权量与毛利率均呈显著正相关。这表明发明专利、论文和标准等的科技创新成果产出能有效促进企业毛利率增长,其中发明专利的影响最为显著,这主要是因为:毛利率代表了企业在直接生产过程中的获利能力,而发明专利主要指企业具有自主知识产权的产品,一般情况下,具有发明专利的产品相比于市场上其他产品会更具竞争优势,因此其定价也会较高,企业的盈利能力也会随之提升。

(3)三家企业的科技创新成果产出对营业收入的影响不一致,这可能是因为:1)营业收入的影响因素不仅包括发明专利、论文和标准类的科技创新成果产出,还包括研发费用、营业成本、价格和销售量等多种因素,所以科技创新成果产出对营业收入的影响不显著;2)三家企业在标准发布和论文发表

表2 2011–2020年三家企业相关数据

年份	营业收入(亿元) <sup>1</sup>	客户满意度 <sup>2</sup>	毛利率 <sup>3</sup>	论文发表量 <sup>4</sup>	标准发布数量 <sup>5</sup>	发明专利授权量 <sup>6</sup>
格力						
2011	747.84	81.30	18.49%	51	3	166
2012	888.86	83.80	27.53%	54	3	418
2013	1 054.87	80.90	34.51%	87	1	312
2014	1 187.19	83.30	39.80%	103	2	443
2015	837.17	84.40	36.00%	116	2	593
2016	880.85	85.00	38.54%	85	6	648
2017	1 234.09	82.90	37.07%	75	3	374
2018	1 556.82	81.00	36.48%	105	5	556
2019	1 386.65	82.00	37.12%	82	4	789
2020	1 178.81	84.20	34.32%	70	5	363
海尔						
2011	121.01	79.30	21.65%	3	1	32
2012	147.68	83.00	27.31%	8	2	78
2013	179.25	78.50	28.48%	15	0	147
2014	200.12	82.90	30.36%	9	0	140
2015	162.50	84.20	28.24%	12	2	198
2016	186.76	83.00	32.29%	12	2	330
2017	287.44	80.00	31.79%	10	5	658
2018	317.72	75.00	31.72%	8	4	675
2019	291.28	80.00	31.22%	10	6	304
2020	299.98	82.91	27.41%	14	1	60
美的						
2011	637.90	79.30	20.54%	8	1	49
2012	514.64	82.00	24.21%	11	2	127
2013	621.77	78.50	24.50%	22	1	297
2014	727.04	83.00	26.95%	89	2	597
2015	644.91	80.90	28.25%	87	3	788
2016	667.80	83.00	30.56%	95	3	741
2017	953.52	82.00	29.04%	76	3	797
2018	1 093.94	76.00	30.63%	55	3	610
2019	1 196.07	79.00	31.75%	33	1	444
2020	1 212.15	80.59	24.61%	22	1	120

注：1) 数据来源于上市公司年报；

2) 数据来源于中国客户满意度手册：分数为85分制；

3) 数据来源于上市公司年报；

4) 数据来源于中国知网；

5) 数据来源于全国标准信息公共平台；

6) 数据来源于Incopat数据库。

方面数量较少，在相关性计算过程中没有充分有效的数据信息，致使结果不显著或无相关性。

### 3.2 知识图谱分析

本文以CNKI为基础数据库，通过下列条件进行文献检索：(1) 发表时间为2011–2020；(2) 主题是空调、除湿机和单元机；(3) 作者单位为格力、海尔和美的；(4) 文献类型为article(论文)，共收集到1,384篇相关论文。根据收集到的文献信息，运用CiteSpace软件对作者、机构以及关键词等进行分

析，从而揭示论文类科技创新成果产出与企业经营状况的内部联系。

#### 3.2.1 作者合作网络分析

根据检索的文献数据，图1展示了作者的合作网络关系，其中节点代表作者，连线粗细代表作者合作强度，连线颜色表明首次合作的时间。结合发文量和作者合作程度，图1中主要研究团队有以下几个。

团队#1：该团队来自美的集团，由张浩、丁国良等人组成，文章发表时间集中于2014–2019年，主要研



究方向为: 空调换热器的自清洁技术、换热器的热量衰减率测试方法以及翅片管式换热器等。

团队#2: 该团队来自海尔集团, 由徐中华、马玉奇等人组成, 文章发表时间集中于2015–2018年, 主要研究方向包括: 圆形柜机变频柜机、单冷柜机的开发以及R32冷媒在柜机上的应用等。

团队#3: 该团队来自格力集团, 以肖彪等作者为主, 文章发表时间集中于2011–2019年, 主要研究对象为光伏空调、空调环保制冷、环保制冷剂以及空调外机噪声等。

表3 Pearson相关系数表

企业	指标	客户满意度	毛利率	营业收入
格力	发明专利授权量	0.290	0.647*	0.377
	论文发表量	0.073	0.735*	0.350
	标准发布量	0.299	0.150	0.266
海尔	发明专利授权量	-0.550	0.710*	0.646*
	论文发表量	0.269	0.442	0.266
	标准发布量	-0.336	0.501	0.616
美的	发明专利授权量	0.225	0.784**	0.062
	论文发表量	0.448	0.639*	-0.054
	标准发布量	0.238	0.562	-0.139

\*. 在 0.05 级别 (双尾), 相关性显著。  
\*\*. 在 0.01 级别 (双尾), 相关性显著。

### 3.2.2 机构合作网络分析

图2展示了作者的机构合作网络关系, 其中图谱中节点代表机构, 节点连线代表机构之间的科研合作, 连线粗细代表机构之间的合作强度, 颜色代表

首次合作的时间。表4是三家企业的机构发文量和中介中心度。从表4中可以看出, 研究机构多以企业为主。珠海格力电器股份有限公司、广东美的制冷设备有限公司和广东美的暖通设备有限公司在发文量位列前3, 是领域内论文发表的重要机构。此外, 科研院所和高校的中介中心度较低。表明该领域内主要还是以企业自主研究为主, 缺乏与高校或科研院所的深度合作。

### 3.2.3 关键词时间线分析

根据检索到的文献关键词, 运用CiteSpace进行关键词时间线分析 (如图3所示)。其中, 节点间连线代表关键词被引情况, 连线颜色代表首次被引时间, 节点大小代表关键词被引频数。由图3可知: (1) 关键词“空调”“中央空调”“节能”和“空调器”具有较高的中介中心度, 这是因为上述关键词大都为该领域研究主体; (2) 通过聚类, 所有关键词被分成9类, 其中#0空调、#1暖通空调、#7变频空调和#8家用空调是近10年来三家企业的主要研究对象; #3压缩机、#4多联机和#5换热器是该领域内研究者较为关注的空调核心组件; (3) 三家空调企业的研究进展可划分为3个阶段, 2011–2013年是探索阶段, 出现了“空调”“节能”“可靠性”和“中央空调”等关键词; 在可持续发展的背景下, 2014–2016年, “建筑节能”“节能减排”“太阳能”和“制冷”等关键词大量

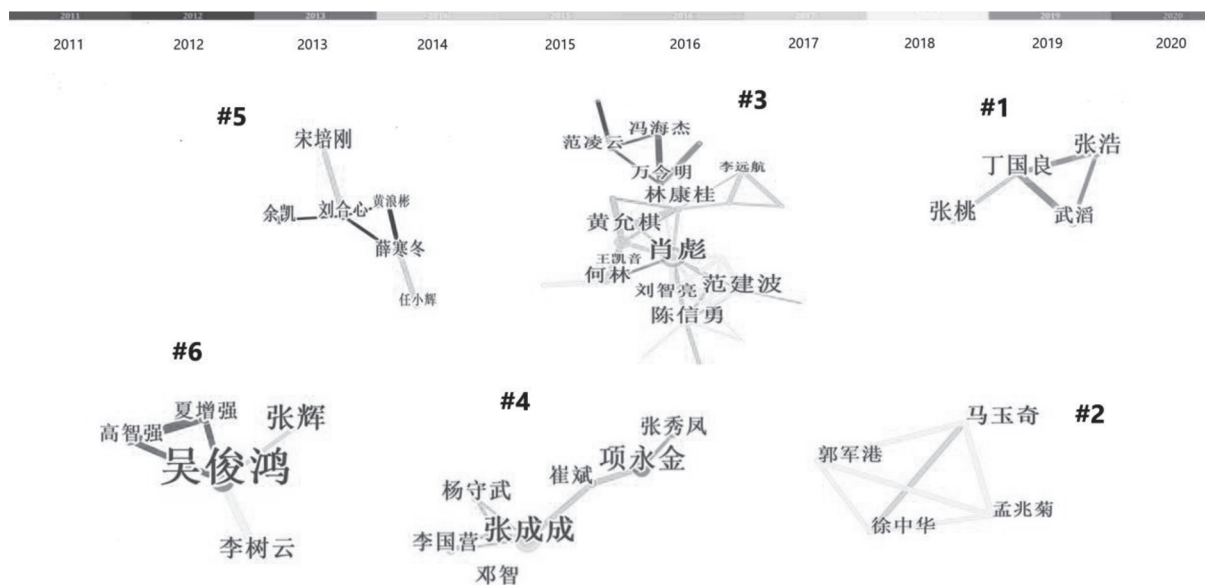


图1 作者合作网络分析

表4 2011–2020年机构发文量统计

排行	企业		高校		科研院所	
	发文量	中介中心度	发文量	中介中心度	发文量	中介中心度
1	珠海格力电器股份有限公司 (598)	珠海格力电器股份有限公司 (0.26)	上海理工大学 (13)	上海理工大学 (0.05)	空调设备及系统运行节能国家重点实验室 (17)	中国家用电器研究院 (0.03)
2	广东美的暖通设备有限公司 (216)	广东美的制冷设备有限公司 (0.10)	重庆大学 (11)	重庆大学 (0.05)	珠海格力电器节能环保制冷研究院 (9)	合肥通用器械研究院 (0.02)
3	广东美的制冷设备有限公司 (209)	青岛海尔空调电子有限公司 (0.10)	上海交通大学 (10)	上海交通大学 (0.05)	国家节能环保制冷设备工程技术研究中心 (7)	中国标准化研究院 (0.01)
4	格力电器(合肥) (58)	青岛海尔空调器有限公司 (0.02)	西安交通大学 (8)	华中科技大学 (0.05)	中国家用电器研究院 (6)	空调设备及系统运行节能国家重点实验室 (0.00)
5	青岛海尔空调器有限公司 (43)	广东美的暖通设备有限公司 (0.01)	华中科技大学 (8)	华南理工大学 (0.01)	珠海格力制冷研究院 (4)	珠海格力电器节能环保制冷研究院 (0.00)

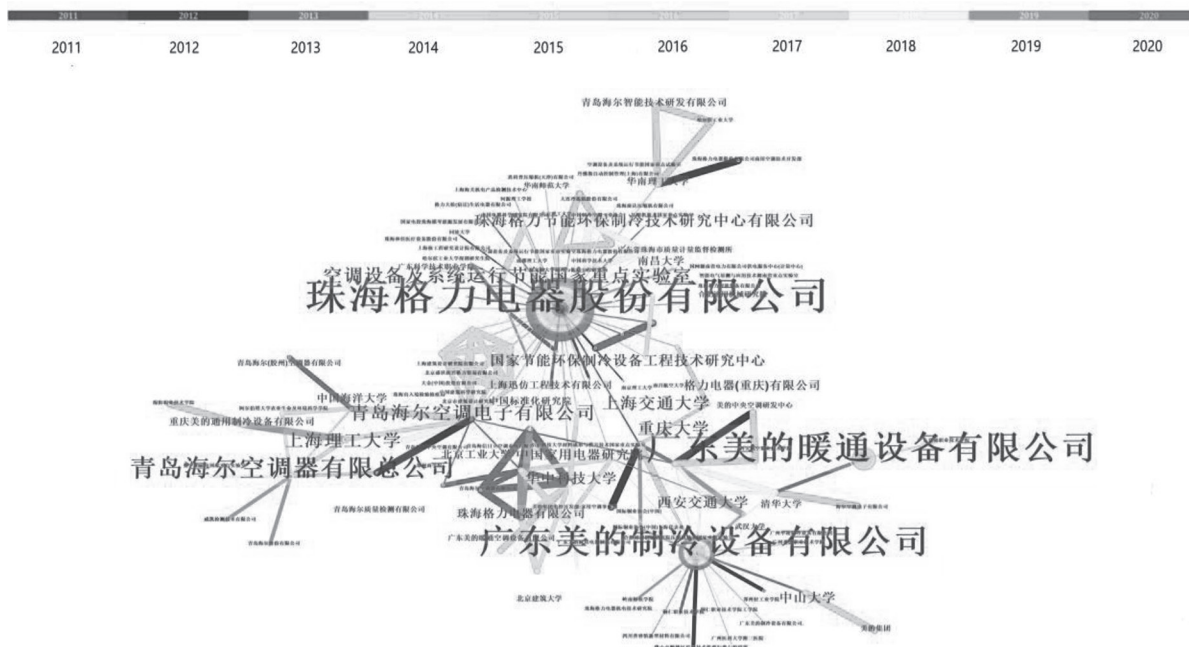


图2 机构合作网络分析

涌现,这一阶段,这3家空调企业更注重节能减排技术方面的研究;近年来(2017至今),随着大数据和物联网的兴起,“语音识别”“空调控制”“二次开发”“大数据”和“主动控制”等关键词逐步出现,在这一阶段,这三家空调企业掀起了对智能家居领域的研究热潮。

### 3.2.4 小结

首先,通过作者合作分析发现格力企业的作者发文量较多,作者之间的合作强度也较大。此外,格力团队注重空调的制冷、环保技术,在应对气候变

化、谋求可持续发展的背景下,谁能占据节能减排技术的高地,谁就能赢得市场竞争的优势。同时,格力的营业收入、客户满意度和毛利率均比美的和海尔高,体现了格力团队的研究内容相对于美的和海尔更符合市场需求和客户需求。其次,从机构合作分析中可以看出,珠海格力电器股份有限公司、广东美的制冷设备有限公司和广东美的暖通设备有限公司发文量排前三,中介中心度也比较高。且在这10年间格力电器与清华大学联合团队研发的“零碳源”空调技术,实现节能85.7%<sup>[22]</sup>;美的空调与联合国工

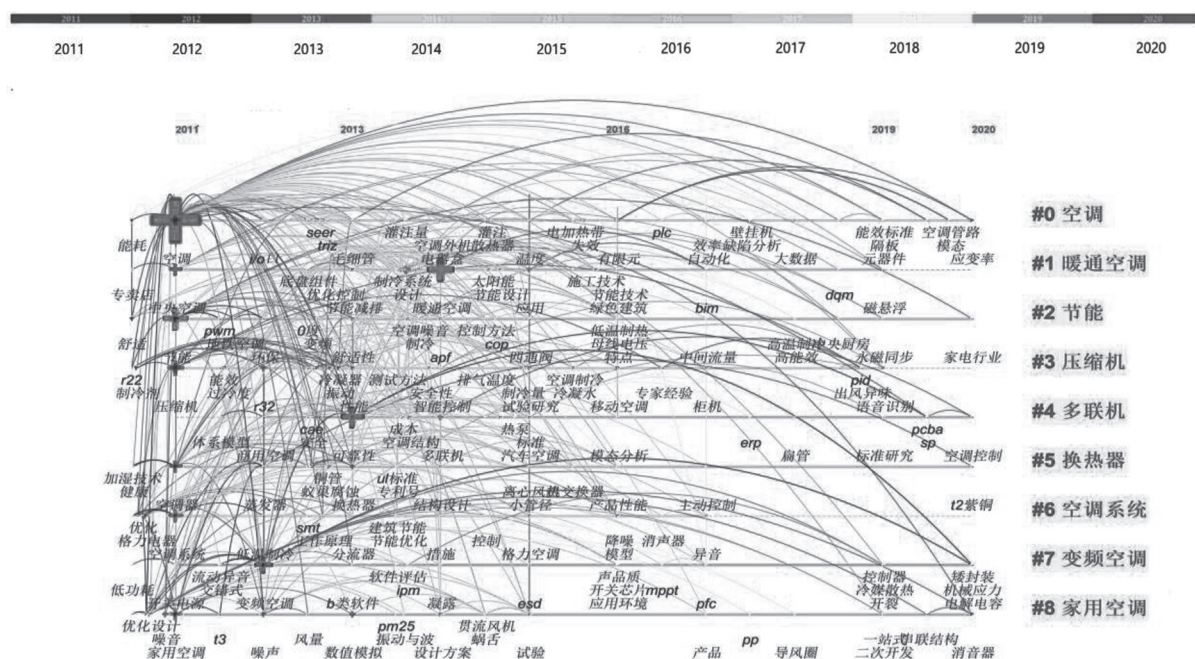


图3 关键词时间线分析

业发展组织在《引领住宅空调行业走向更环保的道路》项目上深度合作,为应对全球气候变化做出了突出贡献。同时结合企业经营状况可以看出,格力和美的两家企业比海尔更具有竞争优势,由此再一次体现了节能减排技术是市场主要趋势并且符合客户需求。最后,从关键词时间线分析中可以得出,空调企业的关键词是根据国家政策形势、产业环境改变而演变的。由于节能减排仍然是应对气候变化、谋求可持续发展的必要手段;其次受疫情的影响,顾客比较注重居家生活的质量,因此对智能家居的关注度比较高,所以空调企业需要在节能减排、智能家居领域重点发力,由此赢得竞争优势。

### 3.3 基于DEA和Malmquist模型的科技创新成果转化效率分析

#### 3.3.1 静态分析

DEA法是一种由数据驱动且基于分式规划的绩效评价方法,主要应用于评价多投入多产出情形下决策单元间的相对效率<sup>[23]</sup>。本文基于2011-2020年空调企业相关数据用DEA对格力、美的和海尔三家企业的科技创新成果转化效率进行分析,得出转化效率的有效性。DEA方法主要分为规模报酬不变的CCR模型和规模报酬可变的BCC模型<sup>[24]</sup>。本文基于BCC模型<sup>[25]</sup>,对上述三家空调企业2011-2020年相

关数据进行测算,得出三家企业科技创新成果转化的技术效率值、纯技术效率值和规模效率值,结果见表5。

#### (1) 综合技术效率分析

综合技术效率体现了决策单元在资源配置、使用效率等方面的综合能力。所有综合技术效率有效的企业所对应的纯技术效率和规模效率也是有效的<sup>[27]</sup>。由表5可知,在2011-2020年,格力、美的有3年未达到综合技术效率有效状态。这表明两家企业在扩大市场规模的过程中,出现了不同程度的资源浪费或产出不足。通过对比三家企业综合技术效率发现,海尔的综合技术效率略高于格力、美的,这就表明海尔企业的科技创新成果转化效率优于其他两家。同时结合各企业的论文发表量、标准发布量和发明专利授权量发现,海尔的科技创新成果产出相对于其他两家企业较少,但海尔能够进行有效转化,实现科技创新成果产出合理转化。反观格力和美的,虽然科技创新成果产出数量高于海尔,但是有些年份的转化效率却没有达到最优。这可能是因为没有将成果很好地进行应用,出现了“高研发、低产出”现象。具体可能是因为成果不具备市场价值,申请专利仅仅为了享受优惠或政策补贴,无法对其进行市场化和产业化。



### (2) 纯技术效率分析

纯技术效率体现了决策单元在管理和技术等方面对效率的影响能力<sup>[27]</sup>。从表5中可知,格力、海尔在这10年间纯技术效率值均为1,说明格力、海尔这10年中技术水平相对美的比较高,管理体制较为合理。而美的在2014、2015和2017年的纯技术效率值均小于1,反映其技术水平和管理水平相较于格力、海尔较低。结合科技创新产出可以发现,美的在这几年中科技创新产出都比较高,但是营业收入和客户满意度均比较低,存在“高研发、低转化”的现象,说明美的在这几年中管理水平较低,没有合理转化科技创新成果。

### (3) 规模效率及规模报酬分析

规模效率反映了决策单元的规模是否合理,资源配置是否达到最优<sup>[28]</sup>。由表5可知,格力和美的在这10年中有7年达到了规模效率最优,而海尔在这10年间全部达到了规模效率最优,这就说明海尔在近10年的市场规模大小及科技创新成果转化均比较合理,而美的和格力的市场规模可能偏大或偏小,其科技创新成果转化也存在不合理现象。格力在3年规模无效的年份中,均是规模报酬递减;美的有两年规模报酬递减,1年规模报酬递增。可以看出,格力和美的大部分年份处于规模报酬递减阶段,说明这两家企业要结合其技术效率状况,采取适当削减调整其资源投入或采取措施提高产出等方式,从而实现DEA有效。

#### 3.3.2 动态指数分析

BCC模型是效率分析中的静态模型,不能对科技创新成果转化的变化趋势进行动态反映。曼奎斯特全要素生产率(Malmquist TFP)指数模型通过构建投入距离函数和产出距离函数的比率,从而在加入时间因素后动态测算决策单元全要素效率指数的变化情况<sup>[26]</sup>。为此,本部分利用Malmquist TFP指数计算三家企业科技创新成果转化活动的全要素生产率指数。表6是运用deap2.1软件测算的格力、美的和海尔三家企业在2011-2020年的Malmquist TFP指数分析的结果。首先,全要素生产率指数=技术进步指数×技术效率变化指数;而技术效率变化指数又可分解为纯技术效率指数和纯规模效率变化指数<sup>[29]</sup>。由表6可知,三家企业在2011-2020年的技术效率变化指数始终为1,分解后的纯技术效率变化指数以及纯规模效率变化指数也均为1,所以全要素生产率指数变化主要取决于技术进步指数的变化。全要素生产率主要受技术进步指数制约,技术进步指数成为科技创新成果转化不合理的主要因素。而在本文中,技术进步指数的影响因素是科技创新成果产出。这进一步说明科技水平的高低即科技创新成果产出的质量是影响科技创新成果转化活动的主要影响因素。

(1) 格力企业在2011-2013年,全要素生产率指数从0.781增长至1.501,说明在这期间科技创新成果转化效率明显提升;而在2013-2016年,全要素生产率指数维持在0.7左右,说明科技创新成果转化效率比较低,结合科技创新成果产出和经营状况可以发

表5 格力、海尔和美的DEA运行结果\*

企业	格力				海尔				美的			
年份	综合技术效率	纯技术效率	规模效率	规模报酬	综合技术效率	纯技术效率	规模效率	规模报酬	综合技术效率	纯技术效率	规模效率	规模报酬
2011	0.391	1.000	0.391	递减	1.000	1.000	1.000	不变	1.000	1.000	1.000	不变
2012	1.000	1.000	1.000	不变	1.000	1.000	1.000	不变	1.000	1.000	1.000	不变
2013	1.000	1.000	1.000	不变	1.000	1.000	1.000	不变	1.000	1.000	1.000	不变
2014	1.000	1.000	1.000	不变	1.000	1.000	1.000	不变	0.591	0.665	0.889	递减
2015	1.000	1.000	1.000	不变	1.000	1.000	1.000	不变	0.933	0.993	0.940	递减
2016	1.000	1.000	1.000	不变	1.000	1.000	1.000	不变	1.000	1.000	1.000	不变
2017	1.000	1.000	1.000	不变	1.000	1.000	1.000	不变	0.989	1.000	0.989	递增
2018	1.000	1.000	1.000	不变	1.000	1.000	1.000	不变	1.000	1.000	1.000	不变
2019	0.656	1.000	0.656	递减	1.000	1.000	1.000	不变	1.000	1.000	1.000	不变
2020	0.365	1.000	0.365	递减	1.000	1.000	1.000	不变	1.000	1.000	1.000	不变

\*注: DEA 效率将最优的投入产出组合(DMU)定义为“生产前沿面”,效率值标定为1;位于前沿面外的DMU被认为是无效点,效率值指标被界定于0到1之间<sup>[26]</sup>。



现,在这期间,发明专利授权量和论文发表量有上升趋势,而营业收入却在不断降低,这就说明科技创新成果转化不合理,可能存在科技创新成果没有被很好地运用的情况;在2017-2020年,全要素生产率指数不断增加,在2020年达到1.232,发明专利授权量与营业收入都有明显的增长,转化比较合理。这可能是因为2017年是格力的转型突破之年。这一年里,格力大力推动转型升级发展,实现从规模效应到质量效应的跨越。通过不断提升品牌价值,以供给侧结构性改革为主线,发力中高端市场,不断提升产品价值。

(2) 海尔企业在2015年之后全要素生产率指数呈稳定上升趋势,科技创新成果转化合理。结合其企业相关数据可以看出,2015-2018年,海尔企业的发明专利授权量和营业收入均保持稳定增长,再次证明发明专利授权量与企业营业收入呈正向关系。通过分析发现,在这一时期青岛海尔围绕智慧生态圈建设,积极推进智能硬件端、App软件端以及第三方资源等方面的工作<sup>[37]</sup>;此外,通过文献分析发现,

在这一时期海尔致力于多联机空调系统运行性能、智能家居的物联网操作以及面向互联网工厂的数字化等研究<sup>[30-32]</sup>。上述成果均促使了海尔2015年来全要素生产率指数不断攀升。

(3) 美的企业的全要素生产率指数自2015年以来一直大于1。在这期间,美的开始采用以小批量、定制化的柔性制造为特点的T+3模式代替传统的大批量生产,并通过人工智能技术实现产能的提升<sup>[38]</sup>;结合科技文献发现,这一时期美的在自动化设备方面投入了较多资源,生产流程实现了自动化,生产效率得到了质的提升<sup>[33]</sup>;此外美的还致力于暖通空调的应用与设计、节能减排技术的开发应用以及暖通空调的自动控制等研究<sup>[34-36]</sup>,这使得美的在空调市场上赢得了竞争优势,营业收入有了较大幅度的提升,其全要素生产率指数也随之不断提高。

## 4 结论及展望

### 4.1 结论

表6 2011-2020年三家企业科技创新成果转化活动的全要素生产率指数

企业	年份	技术效率变化指数	技术进步指数	纯技术效率变化指数	纯规模效率变化指数	全要素生产效率指数
格力	2011-2012	1.000	0.781	1.000	1.000	0.781
	2012-2013	1.000	1.501	1.000	1.000	1.501
	2013-2014	1.000	0.708	1.000	1.000	0.708
	2014-2015	1.000	0.731	1.000	1.000	0.731
	2015-2016	1.000	0.700	1.000	1.000	0.700
	2016-2017	1.000	1.748	1.000	1.000	1.748
	2017-2018	1.000	0.727	1.000	1.000	0.727
	2018-2019	1.000	0.904	1.000	1.000	0.904
	2019-2020	1.000	1.232	1.000	1.000	1.232
海尔	2011-2012	1.000	0.498	1.000	1.000	0.498
	2012-2013	1.000	3.490	1.000	1.000	3.490
	2013-2014	1.000	1.402	1.000	1.000	1.402
	2014-2015	1.000	0.176	1.000	1.000	0.176
	2015-2016	1.000	0.824	1.000	1.000	0.824
	2016-2017	1.000	0.844	1.000	1.000	0.844
	2017-2018	1.000	1.124	1.000	1.000	1.124
	2018-2019	1.000	1.203	1.000	1.000	1.203
	2019-2020	1.000	1.975	1.000	1.000	1.975
美的	2011-2012	1.000	0.498	1.000	1.000	0.498
	2012-2013	1.000	3.490	1.000	1.000	3.490
	2013-2014	1.000	1.402	1.000	1.000	1.402
	2014-2015	1.000	0.176	1.000	1.000	0.176
	2015-2016	1.000	0.824	1.000	1.000	0.824
	2016-2017	1.000	0.844	1.000	1.000	0.844
	2017-2018	1.000	1.124	1.000	1.000	1.124
	2018-2019	1.000	1.203	1.000	1.000	1.203
	2019-2020	1.000	1.975	1.000	1.000	1.975

本文选择格力、美的、海尔这3个代表企业为研究对象,选取科技创新成果产出和企业经营状况为一级指标,探讨科技创新成果产出对空调企业经营状况的影响。本文得出的结论如下:(1)三家企业的科技创新产出与毛利率均呈正相关,其中发明专利授权量与毛利率呈显著正相关。这表明发明专利授权量有助于毛利率的增长。(2)从文献计量分析可以看出,在作者合作网络方面,合作网络虽已初步成型,但合作程度低;在机构合作网络方面,机构与企业与科研院所之间合作较少,产学研的合作有待加强;通过关键词时间线分析发现空调企业需要在节能减排、智能家居等领域重点发力,以此赢得竞争优势。(3)由DEA分析发现,格力和美的的科技创新成果转化效率较低,存在“高研发、低产出”现象,有较大的改进空间;格力和美的的不仅要注重科学技术水平,还要注重调整科技创新产出的转化结构,减少资源冗余;海尔的转化效率较高,在科技创新成果转化的过程中具有一定的科学性。此外,通过计

算三家企业的全要素生产率指数发现,技术进步指数低成为空调企业科技创新成果转化不合理的主要因素。

#### 4.2 研究局限

本文研究存在以下不足:首先,在样本选择上,受数据可得性限制,一些未上市和中外合资的空调企业数据不易获取,因而本文只选择了格力、美的和海尔三家空调企业作为研究对象,在未来的研究中我们应扩大样本对象,选取多家有影响力的空调企业进行深入分析。其次,本文指标体系的构建主要基于已有的文献资料,而在实际生活中科技创新成果产出的指标不仅仅包括论文、标准和发明专利,因此在之后的研究中需要提高指标体系的完整性和有效性。最后,在研究方法上,本文根据指标特性采用皮尔逊系数法、文献计量法以及DEA和Malmquist模型进行分析,由于科技创新成果产出对企业经营状况的影响作用较为复杂,在未来可以吸收更多研究方法进行深入研究。

#### 参考文献

- [1] 顾国爱.企业科技创新对企业绩效的影响分析——中国创新型企业的实证研究[J]. 华东经济管理,2012,26(12):114-116.
- [2] 韩素芬,刘霞.新常态下科技创新引领供给侧结构性改革研究——基于河北省数据的分析[J]. 工业技术经济,2018,37(04):39-44.
- [3] 卢柯颖.R&D投入与企业绩效关系研究——以中国软件和信息技术服务业上市公司为例[J]. 财会通讯,2017(23):21-24.
- [4] 马克星,李珺.创新投入对农业企业绩效的影响——基于A股农业上市公司的实证检验[J]. 科技管理研究,2019,39(12):110-116.
- [5] 周柯,武墨涵.科技服务业对制造业效率的影响——基于科技创新活动异质性视角[J]. 科技管理研究,2020,40(22):131-138.
- [6] 杨冬梅,万道侠,郭俊艳.企业科技研发投入与企业绩效——兼论政府创新政策的调节效应[J]. 山东社会科学,2021(05):129-135.
- [7] 罗珊,孙熹寰.区域科技创新资源配置效率测度——以珠三角为例[J]. 华南师范大学学报(自然科学版),2021,53(04):76-83.
- [8] 马艳艳,邵一博,吕佳莹.基于DEA模型的宁夏农业科技资源配置效率评价[J]. 江苏农业科学,2021,49(03):224-231.
- [9] 陶富,刘静.区域科技资源配置效率及影响因素研究——以京津冀城市群为例[J]. 技术经济与管理研究,2021(02):19-23.
- [10] 陈钟,汪飞岑.公司治理、技术创新与企业绩效——基于长三角地区上市公司的经验证据[J]. 市场周刊,2022,35(01):47-50.
- [11] 王小平.科技型创业企业绩效评价研究——基于客户满意度的问卷调查[J]. 财会通讯,2014(34):19-21.
- [12] 朱巍,等.基于专利角度的创新投入产出绩效比较研究——以北京、上海、深圳、青岛、杭州等九城市为样本[J]. 科技管理研究,2018,38(05):77-86.
- [13] 詹祥,周绿林,孙晓阳.科技研发投入、科技专利产出与经济增长——基于江苏面板数据的分析[J]. 科技管理研究,2017,37(15):97-103.
- [14] 段和平,等.探讨期刊论文发表数量和核心作者群的重要意义[J]. 临床荟萃,2004(08):480-481.
- [15] 邱均平,苏金燕,熊尊妍.基于文献计量的国内外信息资源管理研究比较分析[J]. 中国图书馆学报,2008(05):37-45.
- [16] 瞿羽扬,等.数字经济领域上市公司技术标准化能力对绩效的影响研究[J]. 科技管理研究,2021,41(07):59-63.

- [17] 李新波, 韩伯棠, 王宗赐. 基于我国制造业标准与专利效益对比研究[J]. 科技进步与对策, 2011, 28(07): 80-83.
- [18] 侯俊军, 潘惜惜. 标准化能否促进企业技术创新——基于中国上市公司数据的实证研究[J]. 湖南商学院学报, 2016, 23(04): 37-43.
- [19] 宋清, 刘奕惠. 市场竞争程度、研发投入和中小科技企业创新产出——基于风险投资调节的条件过程分析[J]. 中国软科学, 2021(10): 182-192.
- [20] 陈远燕, 高子达. 中国企业R&D投入与创新产出的效果评价[J]. 经济研究参考, 2016(64): 58-65.
- [21] 傅鸿颖. 基于客户满意度的企业测评体系构建[J]. 企业科技与发展, 2021(05): 203-205.
- [22] 钟于. 科技创新助力碳中和[J]. 科技传播, 2021, 13(10): 2.
- [23] Charnes A., C.W.W., Rhodes E. Measuring the efficiency of decision making units[J]. European Journal of Operational Research, 1978, 2(6): 429-444.
- [24] 曹幸如, 杨剑. 基于三阶段DEA-Windows的安徽省地市级科技成果转化效率研究[J]. 科技管理研究, 2021, 41(22): 74-82.
- [25] 孟韬, 徐广林. 基于三阶段DEA的独角兽上市企业创新效率评价[J]. 运筹与管理, 2021, 30(10): 206-212.
- [26] 兰海, 吴悦, 王丹. 基于DEA和Malmquist指数的青海省科技创新效率研究[J]. 科技管理研究, 2021, 41(17): 40-46.
- [27] 孔詠炜, 倪明, 谢家平. 物流企业运营效率影响因素实证研究[J]. 管理现代化, 2021, 41(06): 72-76.
- [28] 肖斌, 程晓静. 基于数据包络分析模型的高职院校建设效率评价[J]. 实验技术与管理, 2021, 38(10): 256-260.
- [29] 尼鲁帕尔·迪力夏提, 郭静利. 国家级农业科研院所科研效率评价及其影响因素——基于DEA-Malmquist-Tobit模型[J]. 科技管理研究, 2021, 41(18): 66-72.
- [30] 江民圣, 等. 面向大规模个性化定制的互联工厂的数字化技术应用研究[J]. 现代制造工程, 2022(02): 24-30.
- [31] 刘超, 等. 面向智能家居的物联网操作系统应用框架设计[J]. 现代电子技术, 2020, 43(23): 143-145+149.
- [32] 刘志胜, 等. 多联机空调系统能效实验研究[J]. 制冷技术, 2015, 35(02): 26-28.
- [33] 沙佳卉. 与美的中央空调共筑“压缩机”梦——专访美的中央空调压缩机技术负责人Byron先生[J]. 机电信息, 2015(31): 31-34.
- [34] 黄永来. 暖通空调优化控制技术发展[J]. 企业导报, 2015(18): 87+86.
- [35] 黄柱华. 暖通空调系统的自动控制探讨[J]. 中外企业家, 2016(01): 203.
- [36] 卢健洪. 探析节能环保技术在暖通空调系统中的应用[J]. 科技展望, 2016, 26(12): 84.
- [37] 半岛网. 青岛海尔公布2015半年报上半年净利平稳增长[EB/OL]. (2015-8-31) [2022-5-4]. [http://news.bandao.cn/news\\_html/201508/20150831/news\\_20150831\\_2565906.shtml](http://news.bandao.cn/news_html/201508/20150831/news_20150831_2565906.shtml).
- [38] 未来智库. 家电行业专题报告: 从美的自我进化看格力渠道变革[EB/OL]. (2020-9-15) [2022-5-14]. <https://www.vzkoo.com/>.