

国外大型军工企业技术创新效率分析 及对我国的启示¹

刘云, 赵文

(北京理工大学管理与经济学院, 北京 100081)

摘要: 本文采用数据包络方法 (DEA) 对国外大型军工企业技术创新效率进行了测度, 根据测度的结果, 选取技术创新效率较高的代表性企业进行了案例研究, 分析和总结出这些企业开展技术创新活动的主要特征, 并提出针对我国军工企业提高技术创新效率的若干启示和建议。

关键词: DEA; 大型军工企业; 技术创新效率

An Analysis of Technological Innovation Efficiency of Foreign Large Military Enterprises and Its Apocalypse to Our Country

Liu Yun, Zhao Wen

(School of Management and Economics, Beijing Institute of Technology, Beijing, 100081)

Abstract: Firstly, use DEA method to test technological innovation efficiency of 13 large foreign military enterprises. Then according as the results, select some enterprises whose technological innovation efficiency is higher for case study, and summarize the main characters of their technological innovation activities. Finally, put forward some inspirations to improve Chinese military enterprises' technological innovation efficiency.

Key Words: DEA; Large Military Enterprises; Technological Innovation Efficiency

1 引言

技术创新效率是指企业在技术创新过程中创新投入要素相对于产出能力的有效利用程度, 是企业技术创新能力和经济绩效的重要体现^[1]。军工企业技术创新能力不仅决定着企业自身的生存与发展, 更是影响本国国防实力的重要因素之一。在知识经济迅猛发展和世界范围新军事变革加快的今天, 如何有效地提高技术创新效率, 增强技术创新能力, 已成为各国军工企业急待解决的重大问题。

本文采用数据包络分析方法 (DEA) 首次对国外大型军工企业技术创新效率进行了测度, 根据测度的结果, 选取技术创新效率较高的代表性企业进行案例研究, 对其技术创新活动的主要特征进行分析与总结, 并提出针对我国军工企业提高技术创新效率的若干启示和建议。

2 测度方法与指标

2.1 测度方法

目前, 国内外用于技术创新测评的方法较多, 但各种评价方法的应用领域都有其针对性和局限性。据薛风平对《中国期刊全文数据库》1994 年至 2005 年有关技术创新测评文章的调查显示,

¹ 本文得到国家自然科学基金项目 (编号: 70473005) 资助。

作者简介: 刘云 (1963—), 男, 安徽合肥人, 北京理工大学管理与经济学院教授, 博士生导师, 研究方向: 科技评价、技术创新管理。

被使用率居前四位的方法分别是模糊综合评价法、层次分析法、数据包络法和 BP 神经网络法，占总调查样本文章数的 80%^[2]。

模糊综合评价法和层次分析法在指标权重的确定上主要依赖于专家的主观判断，而 BP 神经网络法需要的训练样本数据较多，由于本文所选择的评价对象的特殊性，使用这两种方法的可操作性不强。

数据包络分析方法（Data Envelopment Analysis, DEA）是 1978 年由美国著名运筹学家查恩斯（A. Charnes）等人以“相对效率评价”概念为基础首先提出来的，它是一种对若干同类型的，具有多输入、多输出的决策单元（Decision Making Unit, DMU）进行相对效率比较的有效方法^[3]。其特点是适用于处理具有多个输入和多个输出的情况，并且完全基于指标数据的客观信息进行评价，剔除了人为因素带来的误差。

DEA 模型求出的有效性结果是相对的。这个相对有效比绝对有效更具有实际意义，因为企业很难判断自身投入产出是否达到绝对有效的状态，实际的生产只能追求适合本企业生产状况的“满意”效率。DEA 模型为企业提供了这种“满意”解，给出了适合企业发展方向、相对企业现有发展水平可能达到的效率改进目标。

基于上述考虑，本文选用 DEA 评价方法对国外大型军工企业的技术创新效率做实证研究。

2.2 测度指标

评价指标体系的设置是否科学合理直接影响到评价结果的质量。侯秀峰等人采用三级模糊综合评价方法研究国有军工企业技术创新能力时将技术创新能力分为投入能力、研究开发能力、制造（生产）能力、营销能力、管理能力和产出能力等 6 类要素^[4]。钱燕云采用 DEA 方法进行中德企业技术创新效率比较研究时将指标体系分为投入指标和产出指标两组，其中投入指标 8 个，产出指标 12 个，均由相对和绝对指标组成^[5]。

在本文的研究中，我们依据数据包络分析方法的要求，结合评价研究对象的实际特点，同时考虑数据的可得性和可比性，确定了国外大型军工企业技术创新效率的测度指标（见表 2）。

表 2 国外大型军工企业技术创新效率测度指标

投入指标	产出指标
研发投入总额	产品销售收入
研发费用占利润的比例	每百万研发投入获专利授权数量
研发投入占销售收入的比例（研发强度）	单位员工销售收入
单位员工研发费用	利润率

3 实证分析

为保证研究结果的权威性和公度性，我们选取美国《防务新闻》(www.DefenseNews.com)2006 年公布的 2005 年度世界军工 100 强企业中的前 20 强企业作为评价对象，依据英国贸工部公布的世界研发投资 1000 强企业的基础统计数据^[6]，采集相关数据进行技术创新效率测度。

3.1 数据采集

由于企业技术创新活动的投入与产出之间存在一定的滞后性，为了使评价结果更加客观，本文采集了 2001 年至 2004 年所有评价对象的投入产出数据，取 4 年平均值作为评价模型的原始输

入数据。其中,因有些企业的个别指标数据无法获取或者不符合 DEA 模型的要求,最终确定了 13 家企业的样本数据(见表 3)。

表 3 2001—2004 年国外大型军工企业投入产出指标的平均值

公司名称(Company)	2005 年 军工 100 强排名 (Rank)	所在国家 (Country)	投入指标			产出指标				
			研发投 入(百万 英镑)	研发 投入 强度 (%)	研发投 入占利 润比例 (%)	单位员 工研发 费用 (千英 镑)	每百万 研发投 入获得 专利 (件)	单位员 工销售 收入(千 英镑)	利润 率 (%)	销售收入 (百万英 镑)
洛克希德·马丁(Lockheed Martin)	1	美国	485.04	2.8	72.7	3.8	0.597	136.0	3.8	17338.5
波音(Boeing)	2	美国	1063.93	3.3	73.3	6.4	0.253	193.3	4.5	32322.8
诺斯罗普·格鲁曼(Northrop Grumman)	3	美国	243.57	1.9	30.9	2.1	1.451	108.7	6.3	12559.3
BAE 系统公司(BAE Systems)	4	英国	1025.50	9.5	1596.1	14.6	0.083	153.2	0.6	10741.6
雷神公司(Raytheon)	5	美国	305.09	2.9	102.0	3.8	0.598	133.2	2.8	10679.3
通用动力公司(General Dynamics)	6	美国	156.55	1.7	16.7	2.6	0.176	148.9	10.4	9065.0
欧洲航空防务航天公司(EADS)	7	荷兰	1445.47	7.1	181.5	13.5	0.07	192.1	3.9	20489.8
霍尼韦尔公司(Honeywell)	8	美国	485.45	3.4	106.4	4.4	1.009	128.2	3.2	14101.8
泰勒斯公司(Thales)	9	法国	280.12	4.0	133.4	4.7	0.244	119.5	3.0	7055.0
芬美卡尼卡集团(Finmeccanica)	11	意大利	756.30	16.0	203.7	17.6	0.006	109.9	7.9	4726.5
联合技术公司(United Technologies)	12	美国	699.37	3.8	31.5	3.9	0.425	101.6	12.1	18299.3
通用电气(General Electric)	17	美国	1459.15	1.8	8.3	4.7	0.958	256.8	22.2	79401.8
罗尔斯·罗伊斯公司(Rolls-Royce)	18	英国	304.50	5.1	109.5	7.9	0.209	154.1	4.7	5925.0

数据来源: (1) 英国贸工部网站 (www.dti.gov.uk/innovation) 发布的 R&D ScoreBoard (2002—2005);
(2) 美国专利与商标局专利数据库。

3.2 数据处理及求解

为了消除不同指标量纲的影响,我们对原始数据进行了归一化处理。归一化公式为 $X'_i = X_i / \sum X_i$ 。根据归一化得到的结果,结合上述 DEA 模型的原理,建立国外大型军工企业技术创新效率测度的 C^2R 模型。最后利用 MatLab6.5.1 编写相关程序,进行 DEA 有效性的分析,计算得到结果如表 4 所示。

表 4 DEA 模型输出结果与排名

公司名称	θ^0	有效性排名
洛克希德·马丁(Lockheed Martin)	0.6566	7
波音(Boeing)	0.5646	9
诺斯罗普·格鲁曼(Northrop Grumman)	1.0000	1
BAE 系统公司(BAE Systems)	0.1919	12
雷神公司(Raytheon)	0.6610	6
通用动力公司(General Dynamics)	1.0000	1

欧洲航空防务航天公司 (EADS)	0.2867	11
霍尼韦尔公司 (Honeywell)	0.7284	4
泰勒斯公司 (Thales)	0.5130	10
芬美卡尼卡集团 (Finmeccanica)	0.1575	13
联合技术公司 (United Technologies)	0.7204	5
通用电气 (General Electric)	1.0000	1
罗尔斯·罗伊斯公司 (Rolls-Royce)	0.5773	8

3.3 技术创新效率有效性分析

由表 3 数据可知, 诺斯罗普·格鲁曼公司、通用动力公司、通用电气公司的 DEA 有效值 $\theta^0 = 1$ (C^2R), 并且 $S^- = S^+ = 0$, 因此这 3 家企业技术规模有效, 属于技术创新效率强的企业。 θ^0 值在 0.5—0.8 之间的企业有 7 家之多, 占评价对象的一半以上, 属于技术创新效率较强的企业。而技术创新效率低于 0.5 的企业有三家, 占评价对象的 23%, 属于技术创新效率较低的企业。

结合表 3 数据进行分析, 可以看出技术创新效率最佳的 3 家企业中, 通用电气公司由于企业自身强大的实力, 在研发投入总量上都处于领先地位。相比之下诺斯罗普·格鲁曼公司、通用动力公司的各项投入值并不高, 但是这 2 家企业均通过有效的资源配置, 使得企业投入产出的效率达到了最佳。这说明单一某项指标的高低并不能决定技术创新效率, 它要求企业根据自己实际情况科学合理的配置各项投入资源。此外, 我们发现, 这 3 家企业的利润率都比较高, 特别是通用电气公司达到了 22.2%, 这说明技术创新效率是企业获取利润的重要因素之一。而技术创新效率较低的 3 家企业, 尽管其研发投入总量比较高, 但其产出水平却相对较低, 特别是这 3 家公司每百万英镑研发投入获得专利数均低于 0.1, 与其他企业的差距较大。如果这 3 家企业在保持高投入的前提下, 提高技术创新的产出水平, 企业的技术创新效率和竞争力将得到更大提升。

4 国外大型军工企业技术创新实证结果讨论

依据表 4 中的排名, 我们选取技术创新效率较高的 10 家企业进行深入的案例研究, 总结出这些企业开展技术创新活动的主要特征。

4.1 技术创新是企业发展战略的立足点

被调查的大型军工企业在其发展的不同阶段, 都有明确的企业发展战略, 其中技术创新是企业发展战略的核心和立足点, 是企业市场成功的关键。

美国波音公司的发展战略是: 通过创新支撑发展, 在保障现有核心业务持续发展的同时, 积极开拓和探索新的领域, 以客户需求为本, 开发新产品和新服务, 培育新的竞争优势, 提高核心竞争力, 成为航天工业的领导者^[7]。

英国罗尔斯·罗伊斯公司的发展战略是: 专注 4 个主导领域 (民用航空、军用航空、船舶和能源) 的全球市场的发展, 优先投资科技、产品性能和基础设施, 发展一系列的具有竞争力的产品和服务, 不断提高市场占有率并扩大装配产品的基础, 通过提供与产品相关的服务以增加顾客的附加值^[8]。

美国雷神公司的发展战略是：关注关键战略跟踪、目标支持、技术和任务安全，巩固和加强在核心防御市场上的领先地位；加强战略领域的发展，面向需求，加大创新力度，拓展综合领域的发展机会；成为顾客导向的公司^[9]。

上述几家大型军工企业的发展战略充分体现了技术创新对国防高技术企业发展的核心价值，以及对企业生存和发展所发挥的“支撑”和“引领”作用，并将创新文化拓展和渗透到企业战略的各个层面。

4.2 投入稳定增长，军民研发平衡发展

被调查企业的研发投入规模都比较大。比如，2001-2004 年，通用电气公司年均投入 14.6 亿英镑，而洛克希德·马丁、波音、格鲁曼、雷神、通用动力等每年也投入数亿英镑的研发经费。这说明企业十分重视对研发费用的投入。

从企业的整体研发投入来看，以通用动力公司和通用电气公司为例，2001-2004 年，通用动力公司的研发投入年均增长率为 7%，而其研发强度均保持在 1.7%左右；通用电气公司德研发投入年均增长率为 5.7%，而其研发强度均保持在 1.8%左右。

从企业研发投入的配置来看，以波音公司为例，2001-2004 年，作为军民结合型的企业，波音公司对商用飞机和综合国防系统的研发投入占其总研发投入的 90%以上，并保持两者平衡发展，相互促进，同时，安排少量经费开拓其他领域的研发。

这种研发投入稳定增长，军民研发平衡发展，国防研发重点突出的研发投入与配置机制是提高企业技术创新效率，保持企业核心竞争力和技术创新优势的关键。

4.3 动态调整技术创新组织结构以适应技术创新的需要

被调查的企业都设有专门的研发机构（研发中心、高技术中心、高技术实验室），并直属公司总部管理，为其他业务部门提供全面的技术支持。同时，为适应创新环境和市场需求的变化，多数企业都会采取一系列的灵活而有效的调整机制，最常见的方式如企业的并购、业务部门的重组、成立新的部门以及职能集成和组织分散化管理等，以填补企业技术上的空白、推出创新产品、集成新技术、发展新业务和节约技术创新成本等。

2001 年后，诺思罗普·格鲁曼公司连续并购了 Litton, Newport News, TRW 等三家名列前茅的大型防务承包商（这三家公司 2000 年世界防务市场营业额排名分别为第 11 位、第 9 位、第 16 位），使得公司在航空航天、电子系统等领域的优势进一步加强，并且在军用舰船领域公司也跃居为众多大型舰只的主承包商。另外，该公司也非常重视内部资源整合。在航空领域，公司整合了原来的民用、军用两个航空部门为集成系统部，该策略符合当前民用、军用航空两个领域相互渗透的特点，真正做的两个航空市场的互动互补。在对内外部资源整合的同时，为配合业务部门的发展，分析各行业的发展趋势，公司成立了分析中心，该中心复杂分析防务形势、政策、防务领域新趋势、竞争对手情况等，为业务部门提供智力、决策支持。

通用电气公司通过对研究与开发中心的组织结构重组，形成了国际化的研发体系。目前由 8 个全球核心技术部门组成，每个部门都有自己的专长和工作重点。设置了 8 个界面经理，他们的基本任务是推进研发部门成果的商业化。比如，负责确保每个部门所做的工作都是对公司的发展

至关重要的；确保部门的工作跟相关事业部的需要是对口的。GE 的 8 个核心技术部门突破了地理上的界限，其所属的实验室分布在 GE 的全球四大研发中心。

总之，上述国外大型军工企业在创新组织的管理和执行上都形成了一套比较完备的体系，并通过建立灵活的调整机制，使组织管理能够适应技术发展及技术创新的需要，为创新的成功提供了组织保障。

4.4 在研发模式选择上更加注重合作研发

在全球经济一体化的形势下，越来越多的军工企业更加注重合作研发，主要通过企业与企业之间的联合研发和企业与大学及研究机构的合作研发两种途径来实现。

(1) 军工企业之间的联合研发

洛克希德·马丁公司和通用电气公司的研发中心合作实施了一项称为思想共享 (shared-vision) 的研发基金项目。这个研发基金项目使双方都能以更少的投入自己开展研究工作，同时创造出更多的新技术应用于市场。在这种合作关系下，它们共同承担研发费用，并从基础研究项目中获取新技术。

双方合作的每一个项目都由一定的协议规则来确定，同时协议规则又十分灵活，它可以随着其他的技术研究发展计划而作相应的调整。伴随着合作的展开，双方还制定了一系列保护明确衡量标准的任务计划书来检验项目的进展情况。

对于最后的研究成果，两个公司之间的协议是洛克希德·马丁公司优先对研究成果申请专利。如果洛克希德·马丁公司放弃了申请，那么通用电气公司就有权申请专利。不过，无论哪一方申请了专利，双方都可以免费使用合作研究的成果。

(2) 军工企业与大学及科研院所的合作研发

以罗尔斯·罗伊斯公司为例，该公司为了获得具有领导优势的科技成果，充分利用全球科技资源，与许多大学建立了良好的合作关系进行合作研发，从而形成了遍布北美洲、欧洲和亚洲的大学研发网络 (University Network)。在北美洲，罗尔斯·罗伊斯公司建立了多个大学科技中心 (University Technology Centers, UTCs)，与麻省理工 (MIT)、斯坦福这样的世界名校保持着紧密的联系，共同开展合作研发。同时，公司还积极发展同加拿大各大学的关系。在欧洲，罗尔斯·罗伊斯公司在英国、瑞典、挪威、德国以及意大利等建立了 20 个大学科技中心 (UTCs)。在亚洲，公司建立了新加坡高科技研究中心。在中国，公司在清华等高校建立了若干个科技研究中心 (UTC)。

总之，通过不同途径的合作研发，使得企业能够充分利用外部优质资源，节省开发费用，降低研发风险，缩短研发周期，最终实现研发效率的大大提高。

5 结论与启示

借鉴国外大型军工企业技术创新的经验，结合我国国防科技工业科技创新体系的现状以及发展创新型产业的要求，我们认为，国防科技工业必须走“军民融合、自主创新”之路。现阶段，国防科技创新体系改革与发展的重点应加强以军工企业为主体、需求为导向、产学研相结合的技术创新体系建设，调整企业研发的战略管理机制，重组企业研发机构或研发中心，加大企业对研

发的投入,促使军工企业成为技术创新的投入主体、活动主体和创新成果的应用主体,显著提升军工企业自主创新能力。针对提高我国军工企业技术创新效率的具体建议如下:

(1) 树立技术创新在企业发展战略中的核心地位

我国大型军工企业虽然已经开始意识到技术创新对企业发展的重要性,但是并没有将其上升到企业发展战略的高度。只有将技术创新放置于企业发展战略的核心地位,才能真正树立企业技术创新的主体地位,才能更好的为企业开展技术创新活动创造良好的运作环境及建立完善的保障体系。

(2) 加大投入力度,稳定投入结构

充足的研发经费是技术开发与创新成功的必要条件和保证,但盲目的加大投入而忽视投入结构的优化,不仅会使技术创新效率低下,甚至使企业背上沉重的包袱。因此,我国军工企业应该根据企业自身的实际情况制定合理的投入结构,保证投入力度的持续稳定增长,特别是企业自身投入的增长。同时在投入的配置上也要保持军品民品比例稳定。

(3) 建立高效的技术创新组织结构和灵活的调整机制

我国的军工企业基本都已拥有自己的研究院所,但是这些研究院所大多比较分散,并且相互之间缺乏良好的协调机制,从而导致企业技术创新效率的低下,甚至存在重复立项等资源浪费的问题。因此,笔者认为,我国军工企业应该通过重组等方式,将优势资源整合,建立新的技术创新组织结构,并直属企业总部管理。同时可以根据技术创新活动的需要建立灵活的调整机制。

(4) 建立多层次的研发体系

我国的军工企业在开展技术创新活动时,可以根据自身的实际情况,建立内部与外部研发体系相结合的企业研发体系。内部研发体系可以由核心研究院与下级的研发部门组成,外部研发体系可以通过与其他军工企业、大学和专业科研机构及中介机构的合作组成。通过各层次研发体系间的相互促进,相互支撑,最终达到降低风险,提高技术创新效率的目的。

参考文献

- [1] 龙腾.国外军工企业的技术研发模式[J].航天工业管理,2004(9):36-38
- [2] 薛风平.企业技术创新测评方法述评[J].技术经济与管理研究,2006(3):16-17
- [3] 郭京福,杨德礼.数据包络分析方法[J].大连理工大学学报,1998,38(3):236-241
- [4] 侯秀峰,修立军,强雁.国有军工企业技术创新能力研究[J].南京理工大学学报,2003,27(7):26-33
- [5] 钱燕云.中德企业技术创新效率评价与比较研究[J].科学学与科学技术管理,2003(12):47-50
- [6] Department of Trade and Industry. R&D ScoreBoard 2002-2005[R]. [www.innovation.gov.uk/R&D/DTI - R & D Scoreboard.htm](http://www.innovation.gov.uk/R&D/DTI-R&D-Scoreboard.htm)
- [7] Boeing Company. Annual Report 2004[R]. www.boeing.com
- [8] Rolls-Royce Company. Annual Report 2004[R]. www.rolls-royce.com
- [9] Raytheon Company. Corporate Overview 2005[R]. www.raytheon.com

作者通讯:刘云,北京理工大学管理与经济学院,海淀区中关村南大街5号,100081。