

# 我国装备制造业技术创新能力评价及提升对策研究

## ——基于微粒群算法的实证分析

赵琳, 范德成

(哈尔滨工程大学 经济管理学院, 黑龙江 哈尔滨 150001)

**摘要:**从技术创新资源投入能力、研究开发能力、产出能力三方面构建了我国装备制造业技术创新能力评价指标体系。在此基础上,首先以与最优和最劣评价对象距离之和最小为准则,建立了一个关于权重的非线性规划问题,运用微粒群算法确定各指标的权重;其次,对我国装备制造业中的7个行业在各指标上的值进行加权求和,从而得到各行业技术创新能力的评价结果;最后,提出了我国装备制造业技术创新能力的提升对策。

**关键词:**装备制造业;技术创新能力;微粒群算法

**DOI:**10.6049/kjbydc.2011060563

**中图分类号:**F403.6

**文献标识码:**A

**文章编号:**1001-7348(2012)14-0107-06

## 0 引言

装备制造业是为社会经济建设和其它产业发展提供技术装备的基础性和战略性产业,产业关联度高、吸纳就业能力强、技术资金密集,是各行业产业升级、技术进步的重要保障和国家综合实力的集中体现<sup>[1]</sup>。因此,装备制造业技术创新是我国建设创新型国家战略的重要组成部分之一,受到了国家的高度重视。《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十一个五年规划的建议》中明确提出:“着力振兴装备制造业,……关键是增强创新能力”,“以技术创新带动装备制造业的发展,应作为“十一五”时期的一个战略重点。”党在十六大报告中明确提出“用高新技术和先进适用技术改造传统产业,大力振兴装备制造业。”《装备制造业调整和振兴规划》指出:“要着重加快装备制造业结构调整,增强自主创新能力,提高自主化水平,推动产业升级<sup>[2]</sup>。”以上都充分说明了国家对装备制造业技术创新的重视程度。提高我国装备制造业技术创新能力,是振兴我国装备制造业、加快转变我国经济增长方式、调整我国产业结构、提高我国技术水平及增强国际竞争力的迫切要求。因此,对我国装备制造业当前技术创新能力的把握是促进其未来发展的基石,对其技术创新能力进行准确客观的评价十分必要。

## 1 文献综述

近年来,装备制造业创新能力的评价研究已成为继高技术产业创新能力评价研究之后的又一个产业创新实证研究热点领域。柳喜花<sup>[3]</sup>通过构建装备制造业技术创新能力评价指标体系,以2003年我国内地31个省区市装备制造业实际数据为基础,运用灰色关联度评价法对我国装备制造业技术创新能力进行测算与分析。王章豹、孙陈<sup>[4]</sup>设计了由创新支撑保障能力、创新资源投入能力、技术成果转化能力、技术创新产出能力和技术创新环保能力5大模块共18个指标构成的装备制造业技术创新能力评价指标体系,在此基础上,采用主成分分析法评价模型对我国装备制造业7个行业的技术创新能力进行了定量评价和实证分析。冯梅<sup>[5]</sup>从技术创新能力、制度创新能力和市场创新能力3个方面来构建装备制造业创新能力评价指标体系,运用主成分分析对我国内地31个省市装备制造业创新能力进行了评价与比较,并以上海为例对装备制造业创新能力进行了具体分析。杨东奇、杜军<sup>[6]</sup>通过对国内外有关产业技术创新能力评价指标体系以及评价方法梳理,从技术创新资源投入能力、研究开发能力、经济转化能力三方面构建黑龙江省装备制造业技术创新能力的评价指标体系,并以黑龙江省装备制造业中的7个

**收稿日期:**2011-09-07

**基金项目:**国家自然科学基金项目(70773027)

**作者简介:**赵琳(1978—),女,黑龙江哈尔滨人,哈尔滨工程大学博士研究生,研究方向为产业经济、创新管理;范德成(1964—),男,山东平原人,哈尔滨工程大学经济管理学院教授,博士生导师,研究方向为区域创新、管理系统工程。

行业为研究样本,运用因子分析法评价模型对其技术创新能力进行了评价与比较。崔万田等<sup>[7]</sup>利用因子分析并通过综合指数法对沈阳与大连装备制造业具体行业的自主创新能力进行了比较研究,并提出了提升这两个装备制造业重要基地创新能力的建议。范德成、沈红宇<sup>[8]</sup>结合装备制造业特点,构建装备制造业持续创新能力评价指标体系,并运用 AHP—模糊综合评价法,对黑龙江省装备制造业的持续创新能力进行了实证分析,为提高黑龙江省装备制造业的持续创新能力,增强其市场竞争力提供科学的决策依据。

根据相关文献,综合该领域研究的评价方法,按照确定指标权重的方式,大体上有主观赋权法和客观赋权法两大类。主观赋权是由专家根据经验主观判断后综合量化的结果,如 AHP 法、模糊数学法,见文献<sup>[8]</sup>。客观赋权是根据评价指标自身的相关关系和变异程度确定权重,如灰色关联度评价法,如文献<sup>[3]</sup>;主成分分析法,如文献<sup>[4-5]</sup>;因子分析法,如文献<sup>[6-7]</sup>。客观赋权法依赖于指标的实际数据,而不是主观判断,客观性较强,因而成为装备制造业创新能力评价研究的主流。但是,以上客观赋权法普遍存在计算量大、寻优能力差、易丢失信息等缺点。本文针对以上方法的不足,以与最优和最劣对象距离之和最小为准则,

建立一个关于权重的非线性规划问题,运用微粒群算法来确定各指标的权重,使最终评价结果更全面、更客观,从而为制造业技术创新能力的综合评价提供一条新途径。

## 2 评价模型

### 2.1 评价指标体系构建

在装备制造业技术创新能力评价指标研究上,不同的学者往往由于研究角度和关注重点的不同而选择不同的指标体系。总体而言,建立的装备制造业技术创新能力评价指标呈现出综合化、系统化的特点,但产业在技术创新方面的资源投入能力、已有的研究开发能力和表示创新结果的产出能力一直是评价其技术创新能力的关键指标<sup>[9]</sup>。其中,技术创新资源投入能力的存量形式是一种潜在能力;技术创新研究开发能力是一种运用能力;技术创新产出能力是效果能力,它是行业和企业开展技术创新的最终动力。根据以上分析,考虑到以我国装备制造业 7 个行业作为评价对象时,相关指标数据的可获得性,借鉴文献<sup>[3-8]</sup>的相关研究,确定了我国装备制造业技术创新能力评价指标体系,见表 1。

表 1 我国装备制造业技术创新能力评价指标体系

准则层		指标层	计算方法
装备制造业技术创新能力	技术创新资源投入能力	研发经费投入强度(X <sub>1</sub> )	R&D 经费/产品销售收入
		科技活动经费投入强度(X <sub>2</sub> )	科技活动经费内部支出/产品销售收入
		科技活动人员占从业人员的比重(X <sub>3</sub> )	科技活动人员/从业人员
		有科技活动的企业比重(X <sub>4</sub> )	有科技活动的企业数/行业企业数
		科学家和工程师与科技活动人员之比(X <sub>5</sub> )	科学家和工程师人数/科技活动人员数
	技术创新研究开发能力	每千人发明专利拥有数(X <sub>6</sub> )	发明专利拥有数 * 1 000 / 从业人数
		每千人发明专利申请数(X <sub>7</sub> )	发明专利申请数 * 1 000 / 从业人数
		新产品销售收入与产品销售收入之比(X <sub>8</sub> )	新产品销售收入/产品销售收入
	技术创新产出能力	新产品劳动生产率(X <sub>9</sub> )	新产品产值/从业人数
		新产品产值占工业总产值的比重(X <sub>10</sub> )	新产品产值/工业总产值

### 2.2 基于微粒群算法的装备制造业技术创新能力评价模型

#### 2.2.1 微粒群算法简介

微粒群算法,又称粒子群优化(Particle Swarm Optimization, PSO),最早是由 Kennedy 和 Eberhart<sup>[10]</sup>于 1995 年开发的一种演化计算技术,来源于对一个简化社会模型的模拟。它是基于对鸟群寻找栖息地的研究提出来的,其思想来源于人工生命以及演化计算理论。该算法中将鸟群运动模型中的栖息地类比于所求问题解空间中可能解的位置,通过个体间的信息传递,导引整个群体向可能解的方向移动,在求解过程中逐步增加发现较好解的可能性。与进化算法相比,PSO 保留了基于种群的全局搜索策略,但其采用的速度—位移模型操作简单,避免了复杂的遗传操作,是一种更高效的并行搜索算法,微粒群算法目前已成为进化算法的一个重要分支<sup>[11]</sup>。

#### 2.2.2 评价模型构建

本文选取我国装备制造业的 7 个具体行业,每个行业共有 10 个指标变量,这样就构成了一个 7×10 阶的矩阵 X<sub>7×10</sub>,则基于微粒群算法的装备制造业技术创新能力评价模型构建步骤为:

(1)数据标准化处理。先对矩阵 X<sub>7×10</sub> 进行标准化处理,具体方法如下:

$$z_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{s_j} \quad (i = 1, 2, \dots, 7, j = 1, 2, \dots, 10) \quad (1)$$

其中, z<sub>ij</sub> 为第 i 个行业第 j 项指标评价值; x<sub>ij</sub> 为第 i 行业第 j 项指标原始数值;  $\bar{x}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij}$  表示第 j 个指标的平均值,  $s_j = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2}$  表示第 j 个指标的标准差。

(2)建立判断矩阵。根据评价指标体系的准则层,可以分别建立装备制造业技术创新资源投入能力、研

发能力和产出能力的判断矩阵, 即  $R_{投入}$ 、 $R_{研发}$ 、 $R_{产出}$ 。判断矩阵是运用微粒群算法确定指标权重的基础。以  $R_{投入}$  为例, 该判断矩阵的各列分别表示 7 个行业每个投入能力指标的标准化值。

$$R_{投入} = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{21} & z_{31} & z_{41} & z_{51} & z_{61} & z_{71} \\ z_{12} & z_{22} & z_{32} & z_{42} & z_{52} & z_{62} & z_{72} \\ z_{13} & z_{23} & z_{33} & z_{43} & z_{53} & z_{63} & z_{73} \\ z_{14} & z_{24} & z_{34} & z_{44} & z_{54} & z_{64} & z_{74} \end{bmatrix}$$

(3) 权重的确定。确定评价指标的权重是整个评价过程的关键环节, 也直接影响最终的评价结果。本文在指标权重的确定上, 以与最优和最劣对象距离之和达到最小为目标来确定指标的权重, 这是一种基于原始指标数据的客观赋权法。设最优对象为  $G=(1, 1, \dots, 1)^T$ , 最劣对象为  $H=(0, 0, \dots, 0)^T$ , 目标即为:

$$\min f(\omega) = \sum_{j=1}^n f_j(\omega) = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m \omega_i^2 \left[ \frac{(1 - z_{ij})^2 + z_{ij}^2}{mn} \right]$$

$$s. t. \begin{cases} \sum_{i=1}^m \omega_i = 1 \\ \omega_i \geq 0 \end{cases} \quad (2)$$

其中,  $m$  是评价对象个数(此处是行业个数, 即  $m=7$ ),  $n$  是指标个数, 由以上确定的评价指标可知, 投入能力由 4 个具体指标构成, 研究开发能力和产出能力都由 3 个具体指标构成。因此,  $n$  分别为 4、3、3。

在利用微粒群求解指标权重  $\omega_i$  之前, 首先利用罚函数法将优化函数(2)转化为如下适应度函数:

$$Fitness(\omega) = A \left( \sum_{i=1}^m \omega_i - 1 \right)^2 + B \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m \omega_i^2 \left[ \frac{(1 - R_{ij})^2 + R_{ij}^2}{mn} \right] \quad (3)$$

式(3)中  $A$  与  $B$  为惩罚因子。一般情况下, 取  $A=1$ ,  $B(0 < B < 1)$  随矩阵  $R$  的不同而有所不同。利用微粒群对函数(3)进行权重计算的步骤如下:

步骤 1: 设置微粒群的第  $i$  个体初始值为

$$\omega_i(0) = [\omega_{ij}(0)] = [\omega_{i1}(0), \omega_{i2}(0), \dots, \omega_{im}(0)] \quad (4)$$

其中,  $i=1, 2, \dots, N$ ,  $N$  是微粒群的规模,  $j=1, 2, \dots, m$ ,  $m$  表示个体的维数, 此处令  $N=200$ 。

步骤 2: 设置微粒群的惯性权值  $\omega$ 。为提高微粒群的全局寻优能力, 此处使惯性权值动态变化。惯性权值  $\omega$  的变化规律为:

$$\omega = \omega_{\max} - \frac{\omega_{\max} - \omega_{\min}}{k_{\max}} \times k \quad (5)$$

式(5)中,  $\omega_{\max}$  为惯性初始权重,  $\omega_{\min}$  为惯性最终权重,  $k_{\max}$  为微粒群算法的最大迭代次数,  $k$  为微粒群算法当前的迭代次数。令  $\omega_{\max}=1.4$ ,  $\omega_{\min}=0.8$ ,  $k_{\max}=1000$ 。

步骤 3: 设置加速度常数  $c_1=1.8$ ,  $c_2=1.8$ 。

步骤 4: 利用适应度函数(3)评价微粒群个体的初始适应值, 并以此设置个体历史最优  $p_{id}$  和全局最优历史最优  $p_g$ 。

$$p_g = \{ \omega_i \mid F(\omega_i) = \min F(\omega_i), i=1, 2, \dots, N \} \quad (6)$$

步骤 5: 利用微粒群算法进行迭代运算

$$v_{ij}(k+1) = \omega v_{ij}(k) + c_1 \cdot rand_1 \cdot [p_{id} - \omega_{ij}(k)] + c_2 \cdot rand_2 \cdot [p_g - \omega_{ij}(k)]$$

$$\omega_{ij}(k+1) = \omega_{ij}(k) + v_{ij}(k+1) \quad (7)$$

在每次迭代运算结束后, 均利用适应度函数(3)评价微粒的适应值。对于每个微粒, 比较其当前适应值和其个体历史最好适应值, 若当前适应值更优, 则当前适应值为其个体历史最好适应值, 并保存当前微粒为个体历史最好的。即

$$p_{id} = \begin{cases} p_{id}, & \text{if } F(p_{id}) < F[\omega_i(k+1)] \\ F[\omega_i(k+1)], & \text{if } F(p_{id}) > F[\omega_i(k+1)] \end{cases} \quad (8)$$

比较群体所有微粒的当前适应值和全局历史最好适应值, 若某微粒的当前适应值更优, 则该微粒的当前适应值为全局历史最好适应值, 并保存该微粒为全局历史最好的。即

$$p_g = \begin{cases} p_g \\ p_{id} \mid F(p_{id}) = \min F(p_{id}) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \text{if } F(p_g) < \min F(p_{id}), i=1, 2, \dots, N \\ \text{if } F(p_g) > \min F(p_{id}), i=1, 2, \dots, N \end{cases} \quad (9)$$

步骤 6: 若满足条件(迭代次数达到最大值 2000、 $\sum_{ij} \omega_{ij} = 1$ 、适应值变化误差达到允许范围之内), 则停止计算并输出计算结果; 否则, 转到步骤 5 继续计算。

根据以上步骤, 可得各指标对应的权重为:  $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4, \omega_5, \omega_6, \omega_7, \omega_8, \omega_9, \omega_{10}$ 。

(4) 装备制造业技术创新能力评价。根据求得的 10 个评价指标的权重, 将装备制造业 7 个行业的标准化指标值按照公式(10)进行加权求和, 即得到各行业的技术创新能力。

$$IC_i = IC_{投入} + IC_{研发} + IC_{产出} = \sum_{j=1}^4 \omega_j z_{ij} + \sum_{j=5}^7 \omega_j z_{ij} + \sum_{j=8}^{10} \omega_j z_{ij} = \sum_{j=1}^{10} \omega_j z_{ij} \quad (i=1, 2, \dots, 7) \quad (10)$$

其中,  $IC_i$  表示第  $i$  个装备制造业技术创新能力值,  $IC_{投入}$ 、 $IC_{研发}$ 、 $IC_{产出}$  分别表示第  $i$  个装备制造业技术创新资源投入能力值、研究开发能力值和产出能力值。

### 3 实证分析

#### 3.1 样本数据的收集与确定

装备制造业又称装备工业, 主要指投资类资本形态的制造业, 是为满足国民经济各部门发展和国家安全需要而制造各种技术装备的产业总称。按照国民经济行业分类, 其产品范围包括机械、电子和兵器工业中的投资类制成品, 分属于金属制品业( $H_1$ )、通用装备制造业( $H_2$ )、专用设备制造业( $H_3$ )、交通运输设备制造业( $H_4$ )、电气机械及器材制造业( $H_5$ )、通信设备、计算

机及其它电子设备制造业( $H_6$ )、仪器仪表及文化办公用装备制造业( $H_7$ )7大类行业。

为克服因偶然因素引起的指标值的波动及体现行业技术创新能力提升的持续性,本文采用2001—2008年这8年指标值的平均数进行分析。根据已经确定的

我国装备制造业技术创新能力评价指标体系,得到本文的指标值,见表2。本文数据均来源于《中国科技统计年鉴》(2002—2009年)、《中国统计年鉴》(2002—2009年),数据统计口径为“我国装备制造业7个行业中的规模以上企业”。

表2 我国装备制造业7个行业指标值的原始数据

指标	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$X_9$	$X_{10}$
$H_1$	0.004	0.007	0.021	0.076	0.595	0.700	1.804	0.060	2.872	0.062
$H_2$	0.009	0.017	0.048	0.143	0.614	1.084	2.549	0.141	7.010	0.141
$H_3$	0.013	0.024	0.067	0.198	0.661	1.969	4.486	0.168	7.798	0.170
$H_4$	0.012	0.023	0.069	0.171	0.644	1.241	3.165	0.322	22.658	0.323
$H_5$	0.011	0.020	0.051	0.189	0.669	1.745	4.672	0.202	11.311	0.197
$H_6$	0.012	0.019	0.064	0.268	0.745	3.082	5.153	0.263	16.838	0.259
$H_7$	0.012	0.021	0.071	0.312	0.699	2.503	5.796	0.155	6.973	0.163

### 3.2 数据计算

为消除量纲和数量级的影响,首先根据公式(1)对各指标原始数据进行标准化处理,以此来确定判断矩阵为:

根据判断矩阵,按照基于微粒群优化算法的权重

$$R_{投入} = \begin{bmatrix} -2.073 & -0.461 & 0.829 & 0.507 & 0.184 & 0.507 & 0.507 \\ -2.063 & -0.302 & 0.931 & 0.755 & 0.226 & 0.050 & 0.403 \\ -1.962 & -0.442 & 0.627 & 0.740 & -0.273 & 0.458 & 0.853 \\ -1.511 & -0.652 & 0.053 & -0.293 & -0.062 & 0.951 & 1.515 \end{bmatrix}$$

$$R_{研发} = \begin{bmatrix} -1.302 & -0.927 & 0 & -0.335 & 0.158 & 1.657 & 0.750 \\ -1.269 & -0.809 & 0.249 & -0.621 & -0.019 & 1.581 & 0.888 \\ -1.464 & -0.955 & 0.369 & -0.534 & 0.496 & 0.825 & 1.264 \end{bmatrix}$$

$$R_{产出} = \begin{bmatrix} -1.489 & -0.541 & -0.226 & 1.576 & 0.172 & 0.886 & -0.378 \\ -1.161 & -0.554 & -0.438 & 1.744 & 0.078 & 0.890 & -0.559 \\ -1.498 & -0.558 & -0.212 & 1.608 & 0.109 & 0.846 & -0.296 \end{bmatrix}$$

表3 装备制造业技术创新能力评价指标的权重

指标	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$X_9$	$X_{10}$
权重	0.267	0.208	0.307	0.218	0.351	0.326	0.323	0.336	0.336	0.328

表4 我国装备制造业7个行业技术创新能力的评价结果

指标	$H_1$		$H_2$		$H_3$		$H_4$		$H_5$		$H_6$		$H_7$	
	数值	排序	数值	排序	数值	排序	数值	排序	数值	排序	数值	排序	数值	排序
投入能力	-1.914	7	-0.464	6	0.619	2	0.456	4	-0.001	5	0.494	3	0.811	1
研发能力	-1.344	7	-0.898	6	0.200	4	-0.493	5	0.209	3	1.363	1	0.961	2
产出能力	-1.382	7	-0.551	6	-0.293	4	1.643	1	0.120	3	0.874	2	-0.412	5
综合能力	-4.640	7	-1.912	6	0.527	4	1.606	2	0.328	5	2.731	1	1.360	3

### 3.3 结果分析

根据表4的评价结果,对我国装备制造业7个行业作如下分析:

我国装备制造业7个行业技术创新能力的综合排名次序依次为:通信设备、计算机及其它电子设备制造业( $H_6$ )、交通运输设备制造业( $H_4$ )、仪器仪表及文化办公用机械制造业( $H_7$ )、专用设备制造业( $H_3$ )、电气机械及器材制造业( $H_5$ )、通用设备制造业( $H_2$ )、金属制品业( $H_1$ )。

对装备制造业技术创新能力进行分解,技术创新能力由创新投入能力、研发能力和产出能力3部分构成。通过分析各行业3种组成能力的得分及排名可

确定模型,运用软件MATLAB7.1编写程序求解相应模型,计算出各指标的权重,结果见表3。

根据公式(10),计算出我国装备制造业7个行业的技术创新资源投入能力、研发能力、产出能力及综合能力见表4。

知,金属制品业( $H_1$ )和通用设备制造业( $H_2$ )这两个行业的3种组成能力水平呈现出极强的匹配性,表现为技术创新资源投入能力、研发能力及产出能力的评价得分都为负数,均处于行业平均水平以下,并且在行业的排名分别都为第7和第6,在各行业中的位置相当固定。当然,需要指出的是,这两个行业都处于低水平的能力匹配或协调。

其它5个行业的各个组成能力发展呈现出一定的不匹配性。仪器仪表及文化办公用机械制造业( $H_7$ )技术创新资源投入能力得分为0.811,排名第1,但是其创新产出能力得分为-0.412,排名第5。表明该行业较差的创新产出能力与其位列首位的创新投入能力是不

相匹配的,创新资源的投入产出发展及其不均衡,存在大量的创新资源浪费。

交通运输设备制造业( $H_4$ )的情况与仪器仪表及文化办公用机械制造业( $H_7$ )正好相反,其技术创新产出能力的得分为1.643(排名第1),投入能力得分为0.456(排名第4)、研发能力得分-0.493(排名第5),说明该行业在创新产出方面能力较强,而创新资源投入相对不足。

通信设备、计算机及其它电子设备制造业( $H_6$ )在技术创新资源投入能力、研发能力以及产出能力方面发展较为平衡,3种能力得分均为正数,且排名差距较小。相对而言,该行业具有很强的转换能力,即研发能力(排名第1),促使其产出能力排名较之其投入能力有一定的提高。

专用设备制造业( $H_3$ )和电气机械及器材制造业( $H_5$ )这两个行业的相似之处在于:研发能力是决定行业最终创新综合实力的关键因素,表现为创新投入能力和产出能力匹配性较差,而研发能力是造成这一局面的根本原因。不同的是,前者是较差的研发能力制约了相对较强的创新投入能力,导致行业产出能力差,表现为创新产出能力排名较之其投入能力有显著的下降(创新投入能力排名第2,而创新产出能力排名第4);后者是相对较强的研发能力(主要是消化吸收和知识产权创新能力),有力地减缓了行业创新资源投入不足的不利影响,提升了行业产出能力(创新投入能力排名第5,而创新产出能力排名第3)。

## 4 对策建议

### 4.1 技术创新资源投入能力提升对策

(1)加大创新资源投入。国际上的经验也表明,如果一个企业的研发经费投入强度小于1%,该企业将难以生存;达到2%,勉强可以生存;只有达到5%以上的企业才有竞争力<sup>[9]</sup>。因此,为了提高我国装备制造业的技术创新能力,必须继续加强行业和企业创新资源的投入力度。具体措施是:一方面,各级政府要尽量完善和健全鼓励装备制造企业开展技术创新活动的法制环境,充分利用财政补贴政策,加大财政支持力度,为企业的创新提供便利条件,促使企业加大技术创新的资金投入;另一方面,相关企业可以在政府的配合与帮助下,实施人才特别是创新人才的柔性流动机制。一般做法是由政府牵线搭桥协助企业建立专家工作站,吸引国内外专家和优秀人才到具有一定研发基础的装备制造企业典型企业从事科技创新的合作研究,进而实现企业人才流动收益。

(2)合理配置创新资源。在继续加大装备制造业技术创新各项资源投入的同时,还需确保创新资源配置质量和效益的提高。为此,要加强创新资源整合,做到相互补充与完善,实现双赢、多赢;注意以增量调动

存量激活已有资源;协调、集成各种科技要素,形成合力,实现装备制造企业技术创新系统的有效运转;使各类资源相互补充,并在创新资源配置规模、结构、运行方式上不断改革和完善,通过系统集成产生更大的效力。

### 4.2 技术创新研究开发能力提升对策

(1)装备制造企业要把保护知识产权作为建立现代企业制度、现代科研制度的一项重要内容。一方面,企业增强知识产权意识,遵守知识产权法律法规,使知识产权工作紧密结合企业的新产品、新技术、新工艺研究与开发工作;另一方面,为减少科研和生产中不必要的重复开发及侵权纠纷,企业在制定新产品等研究开发计划和生产经营战略时,要充分利用知识产权信息,进而保障技术路线和研究方向的正确性与前瞻性。

(2)政府通过不断完善知识产权保护的法律法规体系,增强对装备制造企业知识产权的有效保护。通过法律法规加强对知识产权的有效保护,降低企业保护知识产权的成本,同时提高知识产权的侵权成本,从而保护企业自主创新成果,在全社会形成一种良性的知识产权保护意识。

(3)加强企业研发中心建设。一方面,为了更好地承担关乎装备制造业发展的关键(通用)技术和应用基础研究项目,科研实力雄厚的大企业可以寻求政府的扶持,积极争取建设国家重点实验室和工程中心;另一方面,对于那些具有鲜明特色的民营科技企业,要抓住机遇,加快试点研发中心的建设。

(4)加强装备制造企业间的研发合作和产学研合作,实现各行业技术创新能力的同步发展。在现代化大生产过程中,产业关联度日益提高,技术的相互依存度增强,单项技术的突破再不能独柱擎天,必须通过整合相关配套技术、建立相应的管理模式,才能最终形成生产力和竞争力<sup>[12]</sup>。因此,必须促进大中小企业以及设计、研制、生产和使用部门之间的联合与协作,加强行业内部和行业之间的整体协调,以开展各种形式的产学研合作和国际技术合作,提高企业或行业技术创新能力。

### 4.3 技术创新产出能力提升对策

(1)大力发展科技中介服务机构,以此加强科技成果的经济转化。科技中介服务机构作为装备制造企业技术创新体系的重要组成部分,应充分发挥市场经济条件下社会中介组织的作用,充分发挥技术创新中介服务机构的功能,建立有效运行机制,整合社会科技资源,为企业提供技术、信息、人才、金融、法律、政策等方面的咨询、培训和评估服务,重点引导和扶持装备制造业中的中小企业技术开发和成果转化,提高其技术配套能力,逐步形成全社会、开放式、网络化的技术创新服务体系,帮助企业提高市场预测和快速反应能力,为企业技术创新提供有效的支撑和服务。

(2)提升新产品市场营销能力。新产品的市场营销能力决定了装备制造企业将新产品推向市场,把创新优势转化为产品竞争优势的水平。它决定着市场能否接受新产品,从根本上决定了企业技术创新的成功与否。为有效提升新产品的市场营销能力,需从以下两个方面着手:①树立超前的销售意识。市场对企业所推出的新产品是否接受,一要看市场中需求者的感性消费心理是否被新产品所迎合;二要看新产品的“差异性”是否突出。要对这两方面作出有效合理的判断,就必须树立超前的销售意识,预先做好市场调查与预测工作,提早发现市场商机。可以通过收集有效的市场信息,并通过对这些相关信息的整理、加工,使其能够提炼出对企业销售有益的信息,以从中了解市场中需求者的心理,把握好市场需求的动态,从而果断决策,抢先推出新产品,占据市场高位;②重视新产品的售后服务。做好售后服务不但可以增长利润,还可以增加客户的回头率,提升企业自身的信誉,从而提高企业产品的销售量。因此,在售后服务方面,装备制造企业应遵循“用户至上”的理念,设立服务热线,在主要城市设立客服中心,保证顾客可以及时反馈问题。对于能够通过指导解决的问题,熟悉产品知识的客服可以在电话里解答顾客问题;对于那些需要上门服务的顾客,企业要把顾客信息输入到系统里,然后指派最近的维修站去上门维修;在维修完成后,企业要根据维修站反馈的结果对顾客进行电话回访或网上满意度测评,直到顾客满意为止。

#### 参考文献:

- [1] 原毅军,耿殿贺.中国装备制造业技术研发效率的实证研究[J].中国软科学,2010(3):51-58.
- [2] 任声策,陆铭.基于开放式创新视角的中国造船业自主创新路径研究[J].科技进步与对策,2010,27(15):81.
- [3] 柳喜花.中国装备制造业技术创新能力研究[J].沿海企业与科技,2006(11):154-156.
- [4] 王章豹,孙陈.基于主成分分析的装备制造业行业技术创新能力评价研究[J].工业技术经济,2007(12):63-68.
- [5] 冯梅.上海装备制造业产业创新能力研究[J].现代经济探讨,2007(11):62-65.
- [6] 杨东奇,杜军.基于因子分析的黑龙江省装备制造业技术创新能力评价研究[J].科技管理研究,2009(12):175-178.
- [7] 崔万田,周晔馨,李进伟.沈阳与大连装备制造业创新能力的比较研究[J].财经问题研究,2009(4):122-128.
- [8] 范德成,沈红宇.基于 AHP-模糊综合评价法的黑龙江省装备制造业持续创新能力评价[J].科技管理研究,2010(8):29-31.
- [9] 王凯,马庆国.基于因子分析定权法的中国制造业技术创新能力研究[J].中国地质大学学报(社会科学版),2007,7(2):90-95.
- [10] KENNEDY J, et al. Particle swarm optimization[A]. Proc. IEEE International Conference on Neural Networks, IV. Piscataway [C]. NJ:IEEE Service Center,1995:1 942-1 948.
- [11] 王万良,唐宇.微粒群算法的研究现状与展望[J].浙江工业大学学报,2007,35(2):137-138.
- [12] 郭旭东.走出危机:上海制造业企业转型的“纵横”路径[J].上海经济研究,2009(7):72-78.

(责任编辑:赵 可)

## Comprehensive Evaluation and Upgrade Strategy of the Technology Innovation Ability of Equipment Manufacturing Industry in China

—Based on Particle Swarm Optimization

Zhao Lin, Fan Decheng

(School of Economics & Management, Harbin Engineering University, Harbin 150001, China)

**Abstract:** From resources into the ability of technological innovation, research and development capabilities, the output capacity to build the evaluation index system of the technological innovation capability of China's equipment manufacturing industry. On this basis, first based on the object with the best and worst and the minimum distance criterion, this paper establishes the weight of a nonlinear programming problem, uses particle swarm optimization to determine the weight. Secondly, the value of China's equipment manufacturing industry in the seven industries in the various indicators on the weighted sum, in order to get the results of the evaluation of the technological innovation capability in various industries; At last, put forward the technology innovation capability of China's equipment manufacturing industry countermeasures.

**Key Words:** Equipment Manufacturing Industry; Technology Innovation Ability; Particle Swarm Optimization