

基于动态层次分析法的企业自主创新能力评价研究

宋赛赛¹, 刘云¹, 栾超²

(1. 北京理工大学 管理与经济学院, 北京 100081; 2. 黑龙江省统计局, 哈尔滨 150001)

摘要:企业是技术创新的主体,提高企业的自主创新能力,在关键技术领域拥有自主知识产权,是企业可持续发展的重要路径。本文选取三家电站锅炉企业作为研究对象,基于对企业自主创新概念的界定,构建针对电站锅炉企业的自主创新能力评价指标体系,采用动态层次分析方法对这三家企业的自主创新能力开展实证评价研究,提出提高电站锅炉企业自主创新能力的政策建议。

关键词:企业;自主创新能力;评价;动态层次分析

中图分类号:F270 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2013)09-0065-06

国家创新体系中,企业是技术创新最重要的力量。改革开放以来,中国制定实施了一系列政策,从产业技术、科技计划、财政投入或补贴、税收优惠、风险投资、担保基金、政府采购、科技奖励知识产权保护等多方面促进企业进行自主创新。企业只有不断提高自主创新能力,形成拥有自主知识产权的核心技术或核心产品,才能有效应对产业结构升级和市场竞争。对企业自主创新能力进行评价,有助于帮助企业明确其创新能力的实际情况,提升技术创新的薄弱环节,对实现企业可持续发展乃至整个行业可持续发展具有重要的战略意义。

国外学者对自主创新能力的研究大多还是从技术创新能力的角度入手,包括对企业技术创新能力的定义,企业技术创新能力的构成要素以及影响企业创新能力的因素等^[1-4]。而国内学者对于自主创新的研究主要集中在自主创新能力的形成^[5-6]以及影响企业自主创新能力的因素等方面。在自主创新能力评价方面的研究主要从三个层面进行:全国层面、区域层面以及行业层面。例如赵峰^[7]用灰色聚类法分析了全国的自主创新能力,王洋洋^[8]运用熵权法和TOPSIS法分析了黑龙江省企业自主创新能力,牛静^[9]以波导、TCL手机企业为代表评价了国产手机企业的自主创新能力。除此之外,家电企业^[10]、装备制造企业^[11]、汽车企业^[12]等行业的自主创新能力也有

学者进行了研究。

1 企业自主创新能力的概念界定

自主创新一般被划分为三个阶段:引进消化吸收再创新、集成创新和原始创新,包括国家或区域层面、产业层面和企业层面。国家或区域层面的自主创新是指能自主解决国家或区域的重大关键技术问题,以原始创新、集成创新以及引进基础上的再创新为主要实现形式,推动产业结构升级,提升核心竞争力的创新活动。企业层面的自主创新是指掌握对产业发展有重大影响的核心自主知识产权、进行集成创新和引进消化吸收再创新,提高企业的核心竞争力的创新活动。企业自主创新曾被认为是企业通过自身的努力实现技术突破,以良好的商业营销能力完成技术成果商业化从而获得利益的活动。而随着社会的发展和科技能力的提升,开放创新将成为创新的内在要求。因此对于企业来说,只要通过合理的手段和创新模式,形成不受制于人、不依赖于人的能力,就属于自主创新的范畴。

在本文中,企业自主创新能力被界定为企业为了参与竞争,应对市场风险,通过整合并运用内外部创新资源,将创新资源转化为创新成果,并将成果进行有效商业化从而获得利益的综合能力。企业的自主创新能力有三个主要特征:①系统整体性。即企业只有在从资源获取到商业化的各个环节中有效组织和

收稿日期:2013-05-22

基金项目:国家自然科学基金重点项目(71033001)

作者简介:宋赛赛(1988—),女,河北保定人,北京理工大学管理与经济学院硕士研究生(在读),研究方向:科技评价与创新管理;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:科技评价与创新管理,中国技术经济学会会员登记号:I030100743S;栾超(1981—),男,黑龙江哈尔滨人,黑龙江省统计局机关。

转化创新资源并取得技术突破,才能拥有自主创新能力;②开放合作性。企业应积极主动进行合作创新,广泛吸收外界的有利资源来促进自身创新;③动态发展性。即用发展的眼光看待企业的过去、现在和未来。

2 企业自主创新能力评价指标体系的构建

从本文对企业自主创新能力的概念界定中可以看出企业的创新能力可以从三个方面得到体现:创新资源获取能力、创新资源组织和转换能力以及创新成果保护和商业化能力。创新资源获取能力是指企业在一定的创新环境中,积极争取政府和产学研合作等外界的创新资源,并提高企业创新资源的投入;创新资源组织和转化能力是企业自主创新能力的核心,即从外部获得创新资源并投入创新活动,企业本身利用创新资源并将其转化为自身研发的能力;创新成果保护和商业化能力是企业将科技成果加以有效保护并使之形成企业核心竞争力,通过市场将这些成果转化

并获得经济效益的能力。这三个层面从内部和外部环境、从资源获取到最终成果转化全面考虑了影响企业自主创新能力的要素。

2005 年国家统计局发布的《中国企业自主创新能力分析报告》中构建了企业自主创新能力评价指标体系,包含四个一级指标:①潜在技术创新资源(人力资源存量和经济资源存量);②技术创新活动(研发、技术改造、技术引进及技术推广等);③技术创新产出能力;④技术创新环境(市场竞争程度,地域的信息化水平、政府部门的扶植与金融机构的支持)^[13]。此外,在文献调研中发现,大部分学者都从创新投入、创新管理、创新环境、创新活动、创新产出等方面综合构建自主创新评价指标体系^[8,10-20]。在参考以上相关文献并考虑数据可获得性的基础上,本文遵循客观性、科学性、全面性、可操作性以及目标性等建立评价指标体系的基本原则,构建了针对电站锅炉企业自主创新能力的指标体系。

表 1 电站锅炉企业自主创新能力评价指标体系

目标	一级指标	二级指标
企业自主创新能力	创新资源获取能力 C_1	资产总额 X_{11}
		固定资产投资完成额 X_{12}
		企业研发经费投入 X_{13}
		企业研发经费投入占营业额比重 X_{14}
		产学研合作强度 X_{15}
	创新资源组织和转换能力 C_2	员工中本科及以上学历人数比重 X_{21}
		管理人员中本科及以上学历人数比重 X_{22}
		高级技术职称以上人数比重 X_{23}
		全员劳动生产率 X_{24}
		钢材利用率 X_{25}
		万元总产值耗能源(标煤吨) X_{26}
	创新成果保护和商业化能力 C_3	发明专利申请量 X_{31}
		新产品产值 X_{32}
		产品销售率 X_{33}
		营销人员比重 X_{34}
		出口产品交货总值 X_{35}

在二级指标中,资产总额体现的是企业资产规模,可以反映创新资源获取能力;产学研合作强度用合作专利申请数量来表示;钢材利用率是全部产品钢材制件净重与全部产品钢材实耗总重的比值,反映了企业对原材料的利用效率,万元总产值耗能源(标煤吨)反映了企业在生产效率方面的进步,这两个指标都可以反映出企业对创新资源的利用能力;出口产品交货总值则是从国际角度反映企业的商业化能力以及企业开展国际竞争的能力。

3 企业自主创新能力评价

3.1 评价样本企业简介

本文选取三家电站锅炉企业作为研究对象:哈尔滨锅炉厂有限责任公司(以下简称 HG)、上海锅炉厂有限公司(以下简称 SG)和东方电气集团东方锅炉股份有限公司(以下简称 DG)。

HG、SG 和 DG 都是中国实力较强的锅炉企业,在各自主导产品的技术方面都达到了世界先进水平,在国内处于领先地位,并且都注重国际市场的发展,

通过产品出口或与外企合作等方式与很多国外企业建立关系,促进了企业的产品开发和技术改造。但是由于国内外市场的激烈竞争,电站锅炉行业出现资源利用低效率、市场竞争无序、产品竞争力不强等问题,三家企业的发展状况并不尽如人意。企业应尽快增强自主创新能力,才能应对市场竞争,充分利用资源,实现企业的可持续发展。

3.2 评价方法的选择

在文献调研中发现,很多评价方法已经被应用于企业自主创新能力的评估中,主要有层次分析法、模糊评价法、灰色评价法、二次相对评价法、主成分分析法、突变级数法等。考虑到企业自主创新能力具有动态性,本文选择动态层次分析法作为评价方法。

3.3 数据获取与预处理

本文中企业自主创新能力评价指标的数据来源分为两个部分:相关专利申请数据来自中国知识产权局专利信息检索平台;其余指标数据则是从企业内部获得,本文获得2007年至2011年共五年的相关数据。对数据进行标准化处理,消除量纲不同而无法比较的问题。采用规范化方法进行处理:

对序列某指标在特定时间段内的数值 $x_1, x_2, \dots, x_t$ 进行变换:

$$y_i = \frac{x_i - \min_{1 \leq j \leq n} \{x_j\}}{\max_{1 \leq j \leq n} \{x_j\} - \min_{1 \leq j \leq n} \{x_j\}} \quad (1)$$

由于万元总产值耗能源(标煤吨)这项指标与企业资源组织和转换能力呈负相关,因此该项采用下式进行计算:

$$y_i = \frac{\max_{1 \leq j \leq n} \{x_j\} - x_i}{\max_{1 \leq j \leq n} \{x_j\} - \min_{1 \leq j \leq n} \{x_j\}} \quad (2)$$

可以获得新序列 $y_1, y_2, \dots, y_n \in [0, 1]$ 且无量纲。

3.4 评价结果与分析

首先对 HG 企业的自主创新能力进行评价。具体计算过程如下:

1) 建立递阶层次结构。运用 AHP 方法,理出目标层、准则层和措施层三个层次。在本文的指标体系中,目标层是企业自主创新能力,准则层对应一级指标,措施层则分别对应二级指标。

2) 构造判断矩阵并赋值。根据所确定的层次关系,分别确定某一个层级指标的下一个层级指标的重要性,邀请专家对指标的重要性程度进行两两判断,并组成判断矩阵,其中重要性程度按照 1—9 赋值,重要性标度值见表 2。

表 2 重要性标度含义表

重要性标度	含 义
1	表示两个指标相比,具有同等重要性
3	表示两个指标相比,前者比后者稍重要
5	表示两个指标相比,前者比后者明显重要
7	表示两个指标相比,前者比后者强烈重要
9	表示两个指标相比,前者比后者极端重要
2,4,6,8	表示上述判断的中间值
倒数	若指标 I 与指标 j 的重要性之比为 a_{ij} , 则指标 j 与指标 I 的重要性之比为 $a_{ji} = 1/a_{ij}$

遵循专家意见之后,填写的判断矩阵分别如后面表中所示:

① 判断矩阵 O

表 3 判断矩阵 O

O	C ₁	C ₂	C ₃	W
C ₁	1	1/4	1/2	0.142 857
C ₂	4	1	2	0.571 429
C ₃	2	1/2	1	0.285 714

经计算, $\lambda_{\max} = 3$, 小于 3 阶矩阵的临界值 $\lambda'_{\max} = 3.116$, 通过一致性检验。

② 判断矩阵 C₁

表 4 判断矩阵 C₁

C ₁	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	W
X ₁₁	1	2	1/4	1/4	2	0.099 75
X ₁₂	1/2	1	1/2	1/2	1/4	0.086 84
X ₁₃	4	2	1	1	2	0.302 40
X ₁₄	4	2	1	1	2	0.302 40
X ₁₅	2	5	1/2	1/2	1	0.208 61

经计算, $\lambda_{\max} = 5.35$, 小于 5 阶矩阵的临界值 $\lambda'_{\max} = 5.45$, 通过一致性检验。

③ 判断矩阵 C₂

表 5 判断矩阵 C₂

C ₂	X ₂₁	X ₂₂	X ₂₃	X ₂₄	X ₂₅	X ₂₆	W
X ₂₁	1	1/2	1/4	1/5	1/3	1/4	0.062 49
X ₂₂	2	1	1/2	1	1/2	1/2	0.138 77
X ₂₃	4	2	1	1	1	2	0.277 55
X ₂₄	5	1	1	1	1	2	0.256 64
X ₂₅	3	2	1	1	1	2	0.264 56
X ₂₆	4	2	1/2	1/2	1/2	1	0.174 85

经计算, $\lambda_{\max} = 7.25$, 大于 6 阶矩阵的临界值 $\lambda_{\max} = 6.62$, 不能通过一致性检验。再次对此问题进行判断, 得到新的判断矩阵。

表 6 调整后的判断矩阵 C_2

C_2	X_{21}	X_{22}	X_{23}	X_{24}	X_{25}	X_{26}	W
X_{21}	1	1/2	1/4	1/2	1/3	1/2	0.077 58
X_{22}	2	1	1	2	2	2	0.263 52
X_{23}	4	1	1	2	1	3	0.281 94
X_{24}	2	1/2	1/2	1	1	3	0.177 61
X_{25}	3	1/2	1	1	1	2	0.199 36
X_{26}	2	1/2	1/3	1/3	1/2	1	0.102 54

经计算, $\lambda_{\max} = 6.54$, 小于 6 阶矩阵的临界值 $\lambda'_{\max} = 6.62$, 通过一致性检验。

④判断矩阵 C_3 表 7 判断矩阵 C_3

C_3	X_{31}	X_{32}	X_{33}	X_{34}	X_{35}	W
X_{31}	1	3	2	5	3	0.430 72
X_{32}	1/3	1	2	2	1	0.185 49
X_{33}	1/2	1/2	1	1/2	2	0.132 72
X_{34}	1/5	1/2	2	1	1/2	0.110 50
X_{35}	1/3	1	1/2	2	1	0.140 58

经计算, $\lambda_{\max} = 5.34$, 小于 5 阶矩阵的临界值 $\lambda'_{\max} = 5.45$, 通过一致性检验。

通过上述分析, 可以获得不同层次指标相对于上一层级的权重, 最终结果如图 1 所示:

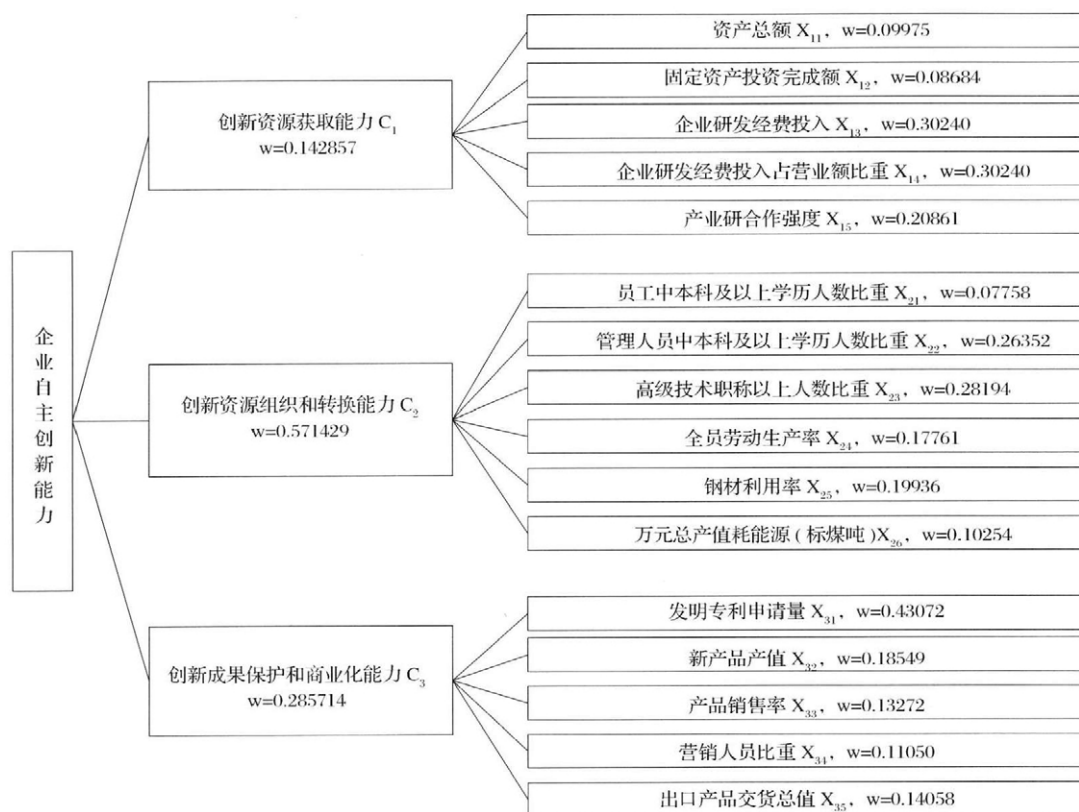


图 1 基于 AHP 方法的各层级指标权重

3)HG 企业自主创新能力评价结果。在获得各个层级指标相对于上一层级指标的权重之后, 利用前面标准化的数据, 进行加权处理, 获得 HG 企业在 2007 年至 2011 年各年度企业自主创新能力情况以及各构成能力要素的情况。

表 8 HG 企业自主创新能力评价结果

年份	创新资源获取能力 C_1	创新资源组织和转换能力 C_2	创新成果保护和商业化能力 C_3	企业自主创新能力 O
2007	0.016 5	0.014	0.131 5	0.047 9

年份	创新资源获取能力 C_1	创新资源组织和转换能力 C_2	创新成果保护和商业化能力 C_3	企业自主创新能力 O
2008	0.287 5	0.449 3	0.181 6	0.349 7
2009	0.550 8	0.64	0.427 1	0.566 4
2010	0.405 2	0.883 1	0.655 7	0.749 9
2011	0.735 3	1.076	0.734 8	0.929 8
综合值	0.399 1	0.612 5	0.426 1	0.528 7

根据表 8 的结果, 对 HG 企业的自主创新能力进行分析。可以看出: 在 2007 年至 2011 年 HG 企业的

自主创新能力有了明显提升,尤其从 2009 年开始三大要素能力都有了非常显著的提升,其中创新资源组织和转化能力提升最为明显,而创新成果保护和商业化能力相对增长缓慢;从整体上看,在三个能力构成要素中,HG 企业的创新资源转化能力相对较强,资源获取能力和创新成果转化能力还有待提高。

用上述方法分别对 SG 和 DG 企业自主创新能力进行评价,评价结果如表 9 和表 10 所示。

表 9 SG 企业自主创新能力评价结果

年份	创新资源 获取能力	创新资源 组织和转 化能力	创新成果 保护和商 业化能力	企业自主 创新能力
2007	0.021 1	0.280 6	0.554 3	0.190 8
2008	0.231 9	0.422 6	0.741 7	0.421 6
2009	0.193 4	0.490 2	0.560 8	0.663 2
2010	0.021 1	0.280 6	0.554 3	0.748 7
2011	0.231 9	0.422 6	0.741 7	0.904 9
综合值	0.139 9	0.379 3	0.630 6	0.585 8

表 10 DG 企业自主创新能力评价结果

年份	创新资源 获取能力	创新资源 组织和转 化能力	创新成果 保护和商 业化能力	企业自主 创新能力
2007	0.069 5	0.115 3	0.318 7	0.229
2008	0.304 1	0.573 6	0.435 1	0.469 9
2009	0.158 5	0.439 7	0.615 8	0.470 1
2010	0.069 5	0.115 3	0.318 7	0.578 2
2011	0.304 1	0.573 6	0.435 1	0.858 0
综合值	0.181 1	0.363 5	0.424 7	0.521 0

由表 9 和表 10 的结果可以发现,2007 年至 2011 年 SG 和 DG 企业的自主创新能力都有所提升,并且 SG 和 DG 企业的三个能力构成要素都在 2010 年有所下降,2011 年又恢复增长。从整体上看,这两家企业都是创新成果商业化能力最强,其次是创新资源转化能力,创新资源获取能力最弱。

4 结论

通过三家企业的自主创新能力评价结果发现,三家企业的自主创新能力都有提升,但在创新资源获取、创新资源转化以及创新成果商业化三个能力构成要素中,每家企业都不能做到均衡发展,导致即使有一两个能力要素较强但总体自主创新能力仍不能明显提升的现象。

结合 HG、SG 和 DG 企业自主创新能力评价的结果以及评价体系中的各项指标因素,本文提出了提升电站锅炉企业自主创新能力的政策建议。

1)要积极争取内外部创新资源。近年来,政府加快了科技创新投入,企业应积极做好准备,努力争取外部资源,包括国家和当地政府的资金及优惠政策支持。同时加强产学研合作,充分借助政府产学研创新平台、创新基地建设的机遇,寻求国内外先进技术,积极与国内外高校和科研机构开展合作创新。另一方面,在企业内部应加大 R&D 经费的投入,开展以创新为驱动的发展模式。

2)引进高层次人才,加强知识产权管理,使创新资源得到有效的组织和转化。首先,要构建完善的人才体系,重视人才引进、人才培养并控制人才的流动。制定和完善高素质人才引进办法,引进海内外相关领域内的人才;培养企业内部岗位尤其是研发和管理岗位的优秀人才,请国内外相关领域的知名专家学者到企业内部开办讲座、培训等进行交流;建立灵活有效,能够激发员工工作积极性的薪资体系来留住人才并发挥人才的创造力和生产力。

其次,要加强专利研发和管理工作。以专利为代表的知识产权被认为是创新能力的重要体现,企业要加强专利的申请,同时也要加强专利管理工作,建立完善的专利管理组织机构和工作机制。设置专门的专利管理部门,实施研究开发的专利全过程管理,即研发前,专利检索分析确定研发方向和内容;研发中,对专利进行动态跟踪;形成研发成果后,进行专利申请,并对专利成果实施转化。同时在企业内部要加强员工的专利能力和意识,设立合理有效的奖励机制鼓励员工进行发明创造。

3)扩展市场,尽快实现成果转化。企业应将创新成果尽快推进市场,培养专业能力强的营销人员,制定合理有效的营销策略,充分利用国家和当地政府的相关优惠措施,加大技术推广的力度,加快创新成果商业化的步伐和能力,有效地发挥创新成果的优势。

参考文献

- [1] ADLER P S, SHENBAR A. Adapting Your Technological Base the Organizational Challenge [J]. Sloan Management Review, 1990(25): 25—37.
- [2] GUAN J. Innovative Capability and Export Performance of Chinese Firms [J]. Technovation, 2003 (9): 737—747.
- [3] BURGELMAN R. Strategic Management of Technology and Innovation [R]. New York: McGraw-Hill, 2004.
- [4] FRENZ M. The impact on innovation performance of different sources of knowledge: Evidence from the UK Community Innovation Survey [J]. Research Policy, 2009, 38(7): 1125—1135.
- [5] 郭九成, 朱孔来. 论自主创新能力的概念、内涵及构成要素

- [J]. 生产力研究, 2008(21):16—17,38,187.
- [6] 郝生宾,张涛,于渤. 企业自主创新能力形成的协同机制研究[J]. 工业技术经济,2011(1):34—38.
- [7] 赵峰. 基于灰色聚类的我国国家自主创新能力评价[J]. 科技管理研究,2008(1):18—20.
- [8] 王洋洋. 黑龙江省企业自主创新能力和效率的评价研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工程大学,2010.
- [9] 牛静. 国产手机企业自主创新能力的综合评价及发展战略研究[D]. 济南:山东大学,2008.
- [10] 傅为忠,徐融,姜淑. 我国家电企业自主创新能力评价研究[J]. 科技管理研究,2011(24):1—4,52.
- [11] 宋晓洪. 基于 DEA 的我国装备制造企业自主创新能力综合评价[J]. 商业研究, 2008(6):138—140,168.
- [12] 张洪涛,朱卫东,管仕平. 基于证据推理的汽车企业自主创新能力评价[J]. 合肥工业大学学报:自然科学版,2009,32(3):383—387.
- [13] 国家统计局国家经济景气监测中心. 中国企业自主创新能力分析报告[R]. 北京:国家经济景气监测中心,2005.
- [14] 孙莉清. 上海市大中型工业企业自主创新能力评价研究[D]. 镇江:江苏大学,2009.
- [15] 尹藏. 山东省中小型工业企业自主创新能力评价研究[D]. 淄博:山东理工大学,2011.
- [16] 齐媛媛. 高技术企业自主创新能力评价研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工程大学,2008.
- [17] 冯永琴. 企业自主创新能力评价体系及实证研究[D]. 北京:中国地质大学,2008.
- [18] 仵凤清,李建侠. 基于突变级数法的企业自主创新能力评价及提升路径研究[J]. 科学学与科学技术管理,2010,31(11):33—39.
- [19] 吴勇. 我国工业企业自主创新能力评价研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工程大学,2007.
- [20] 于冬. 企业自主创新能力评价及相关政策研究[D]. 大连:大连理工大学,2007.

Study on Endogenous Innovation Capability Evaluation——Based on Dynamic Hierarchical Analysis

SONG Sai-sai¹, LIU Yun¹, LUAN Chao²

(1. School of Management and Economics, Beijing Institute Technology, Beijing 100081, China;

2. Statistics Bureau of Heilongjiang Province, Harbin 150001, China)

Abstract: Enterprises are the principle parts in technology innovation. Accelerating the endogenous innovation capability and possessing independent intellectual property rights in key technology areas are the important paths to sustainable development of enterprises. In this article, three utility boiler enterprises are taken as the objects of study. Based on the definition of the concept of endogenous innovation accurately of enterprise, the evaluation index system of endogenous innovation capability is built, the endogenous innovation capabilities of these three enterprises are evaluated with dynamic hierarchical analysis method and policy recommendations are put forward to enhance the enterprise's endogenous innovation capability.

Key words: enterprise; endogenous innovation capability; evaluation; dynamic hierarchical analysis

(上接第 56 页)

Research on Industrial Structure Adjustment of Dandong City

ZHOU Jing-yan

(Dandong Communist Party School, Dandong Liaoning 118000, China)

Abstract: Facing the opportunities brought by the construction of the "One Bridge Two Islands" project and the development of the economic belt of the North Yellow Sea, it is critical for Dandong City to adjust and upgrade its industrial structure. By analyzing the evolution of Dandong's industrial structure from 2004 to 2012, the paper summarizes the major problems in the process, and proposes specific countermeasures accordingly.

Key words: Dandong city; industrial structure; industrial structure adjustment