

基于 ISM 模型的江苏高端装备制造业创新水平评价

吴群

(南通理工学院 江苏 南通 226002)

【摘要】江苏高端装备制造业竞争力受多种要素的影响,这些要素种类众多,关系复杂且结构不清晰,本文以江苏高端装备制造业发展现状为背景,采用系统工程中的解释结构模型分析方法,对影响江苏高端装备制造业的因素进行了分析、层级提取,并给出了提升江苏高端装备制造业发展的思路和方法。

【关键词】高端装备制造业;解释结构模型

Abstract: The high-end equipment manufacturing industry competitiveness is influenced by many factors, these factors are of variety, and at the same time, the relationship between them are complex and structure is unclear, with the help of the ISM of system engineering analysis method, this paper analyzed and classified the influence factors of high end equipment manufacturing industry in Jiangsu province by taking the status of the Jiangsu high end equipment manufacturing industry development as the background, then put forwarded the ideas and methods for promoting the development of high end equipment manufacturing industry in this area.

Keywords: high end equipment manufacturing industry; ISM

国际金融危机爆发以来,全球经济进入深度调整期,中国经济逐渐步入“新常态”,结构调整、转型升级成为当今中国经济的主题。江苏省作为中国第二经济大省和第一制造业大省,去“过剩”产能、结构调整、转型升级尤为紧迫,江苏省是全国重要的装备制造业基地,装备制造业特别是高端装备制造业在制造业中具有举足轻重的地位,做大、做强、做特高端装备制造业对于江苏省制造业转型升级具有重要的推动作用,对于创新型省份建设、经济发展方式转变、率先基本实现现代化具有重要意义。

对于江苏高端装备制造业创新水平的分析和评价是发现问题,提升高端装备制造业创新能力的一项重要工作,目前对于该问题的分析主要集中在技术装备效率的提高、产业结构、政府政策和企业研发经费的支出结构等问题,由于高端装备技术行业创新能力分析的复杂性,对于这一问题的分析,目前进行量化还不多,因此,寻求一种能够反映高端装备制造业创新能力分析的方法,总结合理的评价指标、明确各指标之间的关系并适时进行量化分析,是十分必要的,基于此,本文在江苏省部分企业调研结果以及现有评价方法的基础上,拟采用系统工程理论中的解释结构模型法来对江苏高端装备制造业创新能力进行分析及评价。

一、解释结构模型 (ISM)

解释结构模型 (Interpretative Structural Modeling, 简称 ISM) 为结构模型化技术的一种,于 1973 年由美国 J. 华费尔特教授作为分析复杂的社会经济系统有关问题而开发,该方法通过向图模型和布尔矩阵将复杂系统中的若干子因素,梳理成具有多级递阶的结构模型,把概念模型的思想 and 想法转化为直观的结构模型,从而能够抓住问题的本质,并找到问题的较为有效的解决对策。

ISM 的实施程序主要包括以下几个方面:

1. 建构 ISM 实施小组

一般人数控制在 10 左右为宜,小组成员可选择来自各个相关领域,通常要求小组成员对所需解决的问题持关注态度,且观点有所不同。

2. 设定问题的议题方向

小组成员通常看待问题有不同的发散角度,所以收集的结论也较为分散,因此,ISM 在实施准备阶段,需对问题设置一致的意见。

3. 探讨形成系统的要素,根据要素的相关性,建立邻接矩阵和可达矩阵

邻接矩阵是用来描述两两元素之间直接关系,若在矩阵中 A 中,第 i 行第 j 列的元素 $a_{ij} = 1$,则表明元素 S_i 与元素 S_j 存在关系,反之,若在矩阵中 A 中,第 i 行第 j 列的元素 $a_{ij} = 0$,则表明元素 S_i 与元素 S_j 不存在关系;可达矩阵 R 用来描述的是元素经过一定长度的通路后可以达到的程度,它具有推移律特性,通常是利用邻接矩阵 A 加上单位矩阵,通过布尔代数运算规则演算得出:一般地,令 $A_1 = A + I$,设矩阵 $A_2 = (A + I)^2$ 经过一次演算可得:

$A_1 \neq A_2 \neq \dots A_{r-1} = A_r$ ($r \leq n - 1, n$) 为矩阵阶数, $A_{r-1} = (A + I)^{r-1} = R$, 这里的矩阵 R 即为可达矩阵。

4. 分解可达矩阵,建立结构模型、解释结构模型,并对结论进行评价

可达矩阵分解构建结构模型,一般要经过三个基本步骤,首先,进

行区域划分,即把要素的关系分为可达与不可达,通过计算可达矩阵 $R(S_i)$ 与 $A(S_i)$,找出满足 $R(S_i) = A(S_i)$ 的集合 T,求出要素的集合表;其次,进行级间划分,以可达矩阵为准则,划分为不同的层级,要素的可达集和先行集,在一个多级结构中,最上级的要素 S_i 的先行集只能由 S_i 以及和 S_i 有强连接关系(两个要素互为可达)的要素组成,用这一条件可以确定出某一结构的最高级要素集,在找出最高级要素集后,可将该类要素在可达矩阵中的行、列式内容划去,接着再从剩下的可达矩阵求出最高级的要素集,以此方法,求出各级要素的集合。最后,将矩阵中的行列从新排序并分块,得到系统的解释结构模型并进行评论。

二、具体实施

(一) 成立 ISM 小组

ISM 小组主要由来自南通理工学院、南通大学、华东理工学院的教师骨干、教授以及来自南通政田船舶有限公司、江苏亚太设备工程有限公司、镇江润州船舶配套科技创业园等公司的行业主管、经理共十几位专家组成。

(二) 确定问题的因素并罗列因素的关联性

经过小组成员结合自身研究和工作背景,对江苏省高端装备制造业创新能力影响因素进行多次分析探讨,最终确定影响江苏高端装备制造业的因素主要有 12 个(表 1),相关因素的关联性与否进行整理可得表 2 所示的结果,其中,因素 S_i 与 S_j 有关系,填 1,反之,无关系,则填 0。

表 1 因素关联度表

问题:江苏高端装备制造业创新力不足的原因		S_0
影响因素		
1	较注重眼前利益,忽视长远利益,创新能力意识不足	S_1
2	生产要素(土地、劳动力等)成本增加	S_2
3	金融创新支持不足	S_3
4	较重视产品创新,工艺或技术创新不足	S_4
5	行业规范化管理不够完善	S_5
6	企业创新文化的塑造不足	S_6
7	企业缺乏持续的战略规划	S_7
8	金融危机影响,贸易保护盛行	S_8
9	R&D 对生产的助推力不足	S_9
10	企业同高校、科研机构的合作还不够	S_{10}
11	企业信息资源不完整	S_{11}
12	政府配套激励政策不够有效	S_{12}

表2 小组专家评判关系表 (图中缺省框内容为0)

	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉	S ₁₀	S ₁₁	S ₁₂
S ₀	1												
S ₁	1	1		1	1			1		1	1	1	1
S ₂	1		1	1	1			1		1	1	1	1
S ₃	1			1									
S ₄	1				1								
S ₅	1			1	1	1		1	1	1		1	
S ₆	1			1	1		1	1		1		1	
S ₇	1			1	1			1		1		1	
S ₈	1								1	1			
S ₉	1									1			
S ₁₀	1										1		
S ₁₁	1											1	
S ₁₂	1									1	1		1

(三) 建立可达矩阵

邻接矩阵为上述12个要素基于关系存在与否建立的矩阵, 设矩阵 $A^2 = (A + I)^2$, 经过运算可得可达矩阵 $R = A_{r-1} = (A + I)^{r-1}$ 。

	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉	S ₁₀	S ₁₁	S ₁₂
S ₀	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S ₁	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1
S ₂	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1
S ₃	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S ₄	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
S ₅	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0
S ₆	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0
S ₇	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0
S ₈	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
S ₉	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
S ₁₀	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
S ₁₁	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
S ₁₂	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1

(四) 分析可达矩阵, 建立结构模型

1. 可达矩阵、级、层分析

根据 $R(S_i) \cap A(S_i)$ 进行计算, 可得表3第一层可达集和先行集。

表3 第一层级的可达集与先行集

S _i	R (S _i)	A (S _i)	R ∩ A
S ₀	0	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12	0
S ₁	0,1,3,4,7,9,10,12	1	1
S ₂	0,2,3,4,7,9,10,11,12	2	2
S ₃	0,3	1,2,3,5,6,7	3
S ₄	0,4	1,3,4,5,6,7	4
S ₅	0,3,4,5,7,8,9,11	5	5
S ₆	0,3,4,6,7,9,11	6	6
S ₇	0,3,4,7,9,11	1,2,5,6,7	7
S ₈	0,8,9	5,8	8
S ₉	0,9	1,2,5,6,7,8,9,12	9
S ₁₀	0,10	1,2,10,12	10
S ₁₁	0,11	1,2,5,6,7,11	11
S ₁₂	0,9,10,12	1,2,12	12

在表3中, 仅有 $R(S_0) \cap A(S_0)$, 因此可以判定该系统最高级要素为 S₀, 删除可达矩阵中 S₀ 所在的行和列的数据, 通过缩减后的可达矩阵, 可以得到第二级的可达集和先行集如下表4所示。

表4 第二级的可达集与先行集

S _i	R (S _i)	A (S _i)	R ∩ A
S ₁	1,3,4,7,9,10,11,12	1	1
S ₂	2,3,4,7,9,10,11,12	2	2
S ₃	3	1,2,3,5,6,7	3
S ₄	4	1,2,3,4,5,6,7	4
S ₅	3,4,5,7,8,9,11	5	5
S ₆	3,4,6,7,9,11	6	6
S ₇	3,4,7,9,11	1,2,5,6,7	7
S ₈	8,9	5,8	8
S ₉	9	1,2,5,6,7,8,9,12	9
S ₁₀	10	1,2,10,12	10
S ₁₁	11	1,2,5,6,7,11	11
S ₁₂	9,10,12	1,2,12	12

基于同样的原理, 即 $R(S_i) \cap A(S_i)$, 可以得到第二级要素的集合为 {S₃, S₄, S₉, S₁₀, S₁₁} , 依据类似的操作, 可以得到第三级、第四级以及最低层因素的集合, 分别为第三级要素 {S₇, S₈, S₁₂} , 第四级要素 {S₁, S₂, S₅, S₆} , 将矩阵中行列按级别重新排列并分块, 可得反映系统阶梯结构的结构矩阵 M。

	S ₀	S ₃	S ₄	S ₉	S ₁₀	S ₁₁	S ₇	S ₈	S ₁₂	S ₁	S ₂	S ₅	S ₆
S ₀	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S ₃	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S ₄	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S ₉	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S ₁₀	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
S ₁₁	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
S ₇	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
S ₈	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
S ₁₂	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
S ₁	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0
S ₂	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0
S ₅	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0
S ₆	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1

根据上述系统因素的处理, 可以绘制出系统的解释结构模型如图1所示:

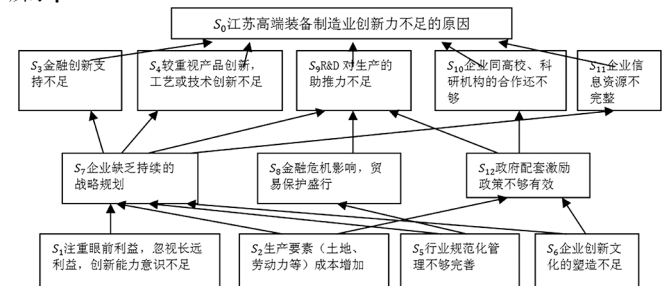


图1: 江苏高端装备制造业创新能力解释结构模型

(五) 解释结构模型分析

1. 从模型来看, 影响江苏高端装备制造业创新涉及到的多项因素具有一定的层次性, 同时, 所有因素中, 最直接即最表层的原因是金融创新支持不足 (S₃)、较重视产品创新, 工艺或技术创新不足 (S₄)、

R&D对生产的助推力不足 (S_9)、企业同高校、科研机构的合作还不够 (S_{10})、企业信息资源不完整 (S_{11})；中层原因是企业缺乏持续的战略规划 (S_7)、金融危机影响，贸易保护盛行 (S_8)、政府配套激励政策不够有效 (S_{12})；而比较深层次的原因则是较注重眼前利益，忽视长远利益，创新能力意识不足 (S_1)、生产要素（土地、劳动力等）成本增加 (S_2)、行业规范化管理不够完善 (S_5)、企业创新文化的塑造不足 (S_6)。

2. 在这些因素中，首要需要解决的是深层次影响问题是第四级的若干要素，由于生产要素的成本增加在短期中难以改变，所以可以作为企业不可控的外部环境，故在提升高端装备制造业的努力方向中，不可能做到绵绵俱到，只能将有限的资源放在需要的地方才能产生较大的经济效益，如可考虑把重点放在创新意识的培养和企业创新文化的塑造上，这是提升高端装备制造业创新能力比较根源的制衡因素。

在信息化发展的今天，创新已成为企业拥抱财富的必然趋势，现有装备制造产品即使在市场份额和利润率方面具有一定的优势，但终究存在产生的生命周期，江苏高端装备制造企业应把创新作为工作的常规内容来看待，在产品和工艺上进行持续性创新，同时，设计制度创新来保证创新意识得到相应的激励。与此同时，可加大企业创新文化的建设，这种文化能够唤起企业员工的热情、主动性和责任感，使得创新的理念更容易得到员工的认同，创新的制度机制的建立就会更高效和完善，而如果忽略这类文化建设，就无法形成与创新有关氛围，不足以形成高端装备制造业企业内部有效的价值导向。可以考虑结合美国工业互联网、德国工业4.0、中国制造2025的北京进行企业创新文化培训，打造与时俱进的企业创新文化和创新意识。

3. 在解释结构模型，制约江苏高端装备制造创新能力发展的最直接、表层的为第一级的五个要素，这些要素的优化对于提升江苏高端装备制造的发展水平是最显著的，为此，可着做好以下几项工作：

第一：在运用江苏省工业和信息化专项引导资金，对接国家高端装备制造、智能制造等重大工程建设，积极争取国家各类重大专项支持的基础上，可尝试吸引和撬动社会资本投入，加大对高端装备制造业的支持。建立民间资本与装备制造项目对接机制，支持股权投资基金、产业投资基金等各类资本参与装备制造项目，向企业提供融资支持。

(下接第202页) 则可将其中50万吨替换为的5%含硫率的贵州煤。理想状态下可达5000万的差价。在一般情况下，假设全年平均硫分为1.0%，则可以将其中20万吨煤替换为高硫煤，差价可达2000万，经济效益明显。

2. 脱硫电价

当脱硫效率大于90%可以获得0.015元/千瓦时的脱硫电价补贴。以600MW计算，一天单台电量为1440万千瓦时，总计21.6万。

3. 添加剂费用

考虑长期燃用高硫煤时，添加剂投放方式为首次投加2吨，而后“按照每脱除1kgSO₂加入0.5~2g添加剂进行补加。”设单台机、负荷600MW、浓度恒定，费用如下表4：

表4 添加剂费用估算

入口浓度 mg/m ³	SO ₂ 产生量 t/d	SO ₂ 处理量 t/d	添加剂耗用 t/d	费用万元/d
2693	173.43	161.29	0.08 - 0.32	0.32 - 1.29
3000	193.16	173.84	0.09 - 0.35	0.35 - 1.39
3500	225.35	202.82	0.10 - 0.41	0.41 - 1.62

备注：添加剂费用按4万/吨（首次投加费用未计入）

4. 排污费

设单台机、负荷600MW、浓度恒定，费用如下表5：

表5 排污费估算

入口浓度 mg/m ³	2693	3000	3500
SO ₂ 产生量 t/d	173.43	193.16	225.35
不使用添加剂处理量 t/d	156.09	156.09	156.09
使用添加剂处理量 t/d	161.29	173.84	202.82
排放差额 t/d	5.20	17.76	46.73
差额部分费用万/d	0.33	1.12	2.95

第二：加大工艺或技术创新的力度，加大R&D向生产的转换率，制定有效的激励机制来保证工艺、技术创新的积极性，对研发向生产的转化设定量化的考核指标。

第三：加大企业、高校和科研机构资源的整合，鼓励高端装备制造业的产学研多方需求的对接，广泛开展高端装备制造业共性技术的研究、科研成果的转化。

第四：拓宽高端装备制造企业信息获取的渠道，政府信息平台增加该类信息的发布的容量，同时，可充分调动行业协会的作用，鼓励行业协会开展政策宣传、技术培训、信息服务、科技成果交易等各类服务。

三、结论

江苏的高端装备制造业为了培养和提升企业的创新能力，需要企业把创新当成一个系统的工程，从整体的角度认真对待每一个环节，尤其是深层次及表层的两类因素，不断优化瓶颈，力争为江苏建设具有核心竞争力的高端装备制造基地提供坚实的保障。

【参考文献】

- [1] 王凤山. 基于ISM的工程装备质量评价体系构建方法[J]. 解放军理工大学学报, 2009(11).
- [2] 杨力, 王蕾. 基于ISM方法的煤矿应急救援能力指标评价体系[J]. 中国矿业大学学报, 2016(10).
- [3] 李森, 付田田. 基于G1模糊综合评价法的煤矿应急救援能力评价研究[J]. 科技创新与应用, 2014(10).
- [4] 常玉. 应用解释结构模型(ISM)分析高新技术企业技术创新能力[J]. 科研管理, 2006(03).
- [5] 郑娟. 高端装备制造业发展态势统计分析模型的构建与应用[D]. 合肥工业大学, 2013(12)

基金项目：江苏省教育厅高校哲学社会科学研究项目“江苏省高端装备制造业创新机制及创新能力研究”(No: 2015SJD667)

作者简介：吴群(1982-)，江苏景德镇人，南通理工学院商学院，讲师、经济师，研究方面：产业经济；西方经济学。

5. 石灰石节约费用

采用添加剂后，脱硫系统的Ca/S比从原来无添加剂时的1.13下降为1.03-1.07，以2016年单台FGD处理SO₂的能力为6.50~7.85t/h，石灰石中CaCO₃含量88%计，节约石灰石1t/h，机组运行时间5500小时，全年节约5500吨，石灰石按照55元/t计，全年可节约石灰石费用30.25万元。

四、结论

1. 在燃用高硫煤时为提高脱硫效率和保证二氧化硫达标排放，采用投加添加剂的方法是可行的。

2. 从经济性角度来看，添加剂的费用与节约的排污费基本相当，而获取的电价数额以及节约的燃煤成本非常可观，因此使用添加剂对燃煤电厂具有极大的经济可行性。

【参考文献】

- [1] 周至祥, 段建中, 薛建明. 火电厂湿法烟气脱硫技术手册. 中国电力出版社: 北京.
- [2] 曾庭华, 杨华, 廖永进, 郭斌. 湿法烟气脱硫系统的调试、试验及运行. 中国电力出版社: 北京.

作者简介：方圆(1985.9-)，男，本科，化学环保工程师，主要从事电厂环保工作。