

doi:10.3969/j.issn.1000-7695.2017.13.037

# 企业碳无形资产对减排收益影响机理研究

刘楠峰<sup>1</sup>, 叶云波<sup>1</sup>, 陈肖琳<sup>2</sup>

(1. 西南交通大学经济管理学院, 四川成都 610031;

2. 四川理工学院法学院, 四川自贡 643000)

**摘要:** 通过解释结构模型 (ISM) 构建碳无形资产层次结构有向图, 明晰碳无形资产对获取减排收益的影响路径; 利用决策实验室法 (DEMATEL) 挖掘影响减排收益的关键性和驱动性碳无形资产。研究发现影响减排收益的直接、间接、根本碳无形资产; 清洁能源使用比例、工艺流程低碳再造、低碳战略、低碳技术研发能力是影响企业获取减排收益的核心要素; 分配的碳排放权、低碳战略、低碳文化是影响企业减排收益的驱动因素。

**关键词:** 低碳经济; 碳无形资产; DEMATEL; ISM; 减排收益

中图分类号: F205; F113.3

文献标志码: A

文章编号: 1000-7695 (2017) 13-0235-07

## The influence mechanism research of the enterprise's carbon-intangible assets for emission reduction profits

LIU Nanfeng<sup>1</sup>, YE Yunbo<sup>1</sup>, CHEN Xiaolin<sup>2</sup>

(1. School of management, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China;

2. Law School, Sichuan University of Science &amp; Engineering, Zigong 643000, China)

**Abstract:** This paper builds the carbon-intangible assets hierarchy digraph and clarifies the impaction path of intangible assets to profits by interpretive Structural modeling (ISM), and explores the key and driving carbon-intangible assets affecting the profits through Decision Making and Trial Evaluation Laboratory (DEMATEL). The study found that the direct, indirect, fundamental assets which affect the profits; the proportion of clean energy, low-carbon technological process, low-carbon strategy, the capacity of low-carbon technology research are the key element to influence the enterprises earn the profits from emission reduction; the carbon dioxide emission permit assigned, low-carbon strategy, low-carbon culture are the driving elements which affect the profits.

**Key words:** low-carbon economy; carbon-intangible assets; DEMATEL; ISM; emission reduction profits

2017年, 中国将启动建立全国性的碳排放权交易体系, 第一阶段涵盖范围包括电力、石化、化工、建材、钢铁、有色等重点碳排放行业。对于纳入交易体系的工业企业而言, 如何将碳排放权带来的外部约束转换为外部机遇, 将是提升企业竞争优势的全新课题。从战略管理理论资源基础观的角度, 积累、开发和培育碳资产不仅是在气候变化背景下企业获取可持续竞争优势的重要手段, 也是帮助企业在碳交易市场中获取短期收益的可靠途径<sup>[1]</sup>。

## 1 企业碳无形资产内涵与识别

### 1.1 企业碳无形资产的内涵

企业碳资产是指低碳经济时代, 由企业所控制的

通过有价值的二氧化碳减排实现其价值的当前经济资源, 包括和减排活动相关的各种能力、文化、知识、物质资源等。根据实物形态, 碳资产又可以分为碳有形资产和碳无形资产<sup>[2]</sup>。根据企业竞争力理论中VRIO(价值、稀缺性、模仿性、组织)分析框架, 以节能减排设备为代表的碳有形资产易于被其他企业复制和替代, 在竞争中只具备短期的竞争优势。相较碳有形资产而言, 包括各种文化、能力、技术等在内的碳无形资产从历史形成环境、因果模糊、组织复杂性、专利等方面的原因可以帮助企业形成对模仿企业的成本优势, 进而产生可持续的竞争优势<sup>[3]</sup>。

### 1.2 企业碳无形资产的识别

借鉴价值链分析法用于鉴别企业创造可持续竞

收稿日期: 2016-09-21, 修回日期: 2016-12-06

基金项目: 国家自然科学基金项目“碳无形资产视角下的企业低碳竞争力系统评价研究”(71271177); 四川省社会科学重点研究基地系统科学与企业发展研究中心规划项目“企业低碳发展系统模拟研究”(Xq16B02)

争优势潜力的资源的思路，识别企业碳无形资产可以通过挖掘企业减排活动流程的思路来实现。一般企业的减排活动链如图1所示。减排活动分为两大类：基本活动和辅助活动。基本活动包括碳核查活

动、碳评估活动、碳减排活动、碳营销活动、碳交易。辅助活动包括基础资源、技术研发、低碳人力资源管理。通过文献整理，支持上述低碳活动的碳无形资产如表1所示。

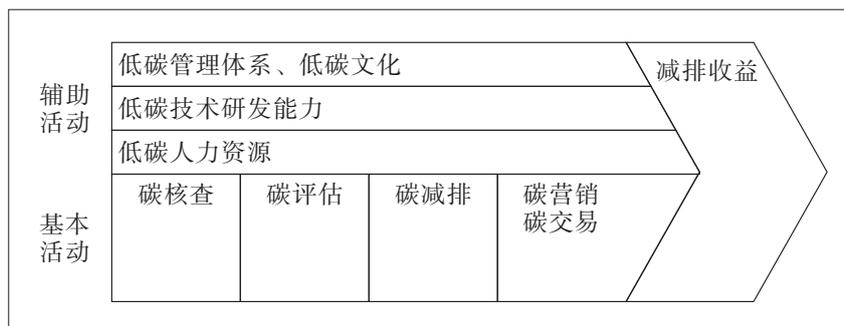


图1 企业减排活动链

表1 基于减排活动的企业碳无形资产

低碳活动	碳无形资产
碳核查	碳核查能力
碳评估	碳足迹
碳减排	清洁能源使用比例 工艺流程低碳再造
碳交易	节余的碳排放权
碳营销	碳标签
辅助活动	低碳战略 低碳文化 低碳技术研发能力 低碳人才 分配的碳排放权

### 1.3 企业碳无形资产开发困境

不管是基于制度压力还是利益驱动，企业在低碳经济时代提升竞争优势应对低碳压力或把握低碳机遇的战略目标是肯定的，开发碳无形资产即是实现这一战略目标的重要手段。目前，学界对碳资产的研究主要集中于管理制度<sup>[4-6]</sup>、会计确认与计量<sup>[7-8]</sup>、与竞争力间的相关性<sup>[2, 9-10]</sup>等研究领域，如何通过开发碳无形资产实现减排收益的研究更是少见。同时，对企业实践操作而言，开发碳无形资产实现减排收益的难点在于：一方面，由于对整个碳无形资产体系结构和资产间因果关系缺乏认知，对碳无形资产的开发路径比较模糊；另一方面，企业自身资源有限，基于收益成本方面的考量，只能集中有限资源对驱动型和关键性碳无形资产进行开发，继而达到减排效率最优化的目标。

本文针对企业开发碳无形资产实现减排收益中的现实困难，从系统工程的观点出发，利用解释结构模型(Interpretive Structural Modeling, ISM)建立以获取减排收益为导向的企业碳无形资产结构体系，并对该结构体系进行层次划分，明晰资产间因果联系，捋清碳无形资产的开发路径；利用决策实验室

法(Decision Making and Trial Evaluation Laboratory, DEMATEL)厘清系统内影响减排收益的关键碳无形资产和底层驱动碳无形资产。

## 2 基于ISM的企业碳无形资产开发路径研究

### 2.1 ISM方法

ISM方法是通过利用专家的知识 and 实践经验对一个复杂系统进行层次划分，得到系统的多层结构模型，从而为决策提供一个行动的优先级顺序。近年来，该方法广泛应用于企业社会责任<sup>[11]</sup>、电价风险评估<sup>[12]</sup>、碳排放交易制度对建筑行业的影响机理<sup>[13]</sup>、运作风险管理<sup>[14]</sup>等诸多研究领域。

### 2.2 基于减排收益的企业碳无形资产邻接矩阵A和可达矩阵K

本文将“减排收益”和表1中11项碳无形资产作为以减排收益为导向的企业碳无形资产结构矩阵的12个因素： $F_1$ 减排收益、 $F_2$ 碳核查能力、 $F_3$ 碳足迹、 $F_4$ 清洁能源使用比例、 $F_5$ 工艺流程低碳再造、 $F_6$ 节余的碳排放权、 $F_7$ 碳标签、 $F_8$ 低碳战略、 $F_9$ 低碳文化、 $F_{10}$ 低碳技术研发能力、 $F_{11}$ 低碳人才、 $F_{12}$ 分配的碳排放权。通过向全国各高校和研究机构低碳经济研究领域的10位专家发放问卷，采用3级标度法(1代表影响可忽略，2代表有一定影响，3代表影响较大)对这12个因素之间的直接影响关系进行评判。

根据ISM方法的规定，评判规则为：如果因素*i*对因素*j*的影响为2或者3，则ISM邻接矩阵A中元素 $a_{ij}=1$ ；如果因素*i*对因素*j*的影响为1， $a_{ij}=0$ 。

回收有效问卷10份，在问卷结果取得高度共识(上下四分位数计算)的前提下，选择频率最高的分数作为对应因素间的直接影响程度由此得到邻接矩阵A，如表2所示。

表 2 基于减排收益的企业碳无形资产的邻接矩阵 A

因素	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	F <sub>5</sub>	F <sub>6</sub>	F <sub>7</sub>	F <sub>8</sub>	F <sub>9</sub>	F <sub>10</sub>	F <sub>11</sub>	F <sub>12</sub>
F <sub>1</sub>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F <sub>2</sub>	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
F <sub>3</sub>	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
F <sub>4</sub>	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1
F <sub>5</sub>	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1
F <sub>6</sub>	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1
F <sub>7</sub>	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
F <sub>8</sub>	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0
F <sub>9</sub>	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0
F <sub>10</sub>	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0
F <sub>11</sub>	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0
F <sub>12</sub>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

根据 ISM 方法的原理，对邻接矩阵 A 做基于布尔代数的幂运算，直到满足下述条件：

$$A^{n+1}=A^n \neq A^{n-1} \neq \dots \neq A^2 \neq A$$

其中， $2 \leq n \leq 13$ ，经计算 n 收敛于 3，得到可达矩阵  $K=A^4=A^3$ ，如表 3 所示。

表 3 基于减排收益的企业碳无形资产的可达矩阵 K

因素	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	F <sub>5</sub>	F <sub>6</sub>	F <sub>7</sub>	F <sub>8</sub>	F <sub>9</sub>	F <sub>10</sub>	F <sub>11</sub>	F <sub>12</sub>
F <sub>1</sub>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F <sub>2</sub>	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1
F <sub>3</sub>	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
F <sub>4</sub>	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1
F <sub>5</sub>	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1
F <sub>6</sub>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
F <sub>7</sub>	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

表 4 可达矩阵第一迭代的可达集和先行集

元素	可达集 P <sub>i</sub>	先行集 Q <sub>i</sub>	P <sub>i</sub> ∩ Q <sub>i</sub>
1	1	1 ~ 12	1
2	1、2、3、7、12	2、6、8、9	2
3	1、3、7	2、3、4、5、6、8、9、10、11	3
4	1、3、4、5、7、12	4、5、6、8、9、10、11	4、5
5	1、3、4、5、7、12	4、5、6、8、9、10、11	4、5
6	1 ~ 12	6	6
7	1、7	2、3、4、5、6、7、8、9、10、11	7
8	1、2、3、4、5、7、8、9、10、11、12	6、8、9	8、9
9	1、2、3、4、5、7、8、9、10、11、12	6、8、9	8、9
10	1、3、4、5、7、10、11、12	6、8、9、10、11	10、11
11	1、3、4、5、7、10、11、12	6、8、9、10、11	10、11
12	1、12	2、4、5、6、8、9、10、11、12	12

表 5 企业碳无形资产层级结构

层级	元素
1	F <sub>1</sub>
2	F <sub>7</sub> 、F <sub>12</sub>
3	F <sub>3</sub>
4	F <sub>2</sub> 、F <sub>4</sub> 、F <sub>5</sub>
5	F <sub>10</sub> 、F <sub>11</sub>
6	F <sub>8</sub> 、F <sub>9</sub>
7	F <sub>6</sub>

表 3 (续)

因素	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	F <sub>5</sub>	F <sub>6</sub>	F <sub>7</sub>	F <sub>8</sub>	F <sub>9</sub>	F <sub>10</sub>	F <sub>11</sub>	F <sub>12</sub>
F <sub>8</sub>	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
F <sub>9</sub>	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
F <sub>10</sub>	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1
F <sub>11</sub>	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1
F <sub>12</sub>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

2.3 可达矩阵 K 的分解与层次结构有向图的绘制

将可达矩阵 K 进行分解，可得到各因素的可达集 P<sub>i</sub> 和先行集 Q<sub>j</sub>。可达集表示该元素所影响的元素的合集，先行集表示对该元素有影响的所有元素的合集，可达集和先行集都包括该元素本身，数学表达式如下：

$$P_i = \{F_j \mid k_{ij}=1\}$$

$$Q_j = \{F_i \mid k_{ij}=1\}$$

满足下式即为体系的第一层因素：

$$P_i = P_i \cap Q_i$$

第一层可达集、先行集如表 4 所示，可见 F<sub>1</sub> 为最高层元素，即为目标层指标减排收益。删除可达矩阵第 1 行、第 1 列，重复上述步骤，依次得到第 2 层、第 3 层……元素，直到矩阵中所有元素被删除，受篇幅所限，具体计算过程不一一赘述，最后所得层级结构如表 5 所示。根据表 5 可得基于减排收益的企业碳无形资产层级结构有向图（见图 2）。

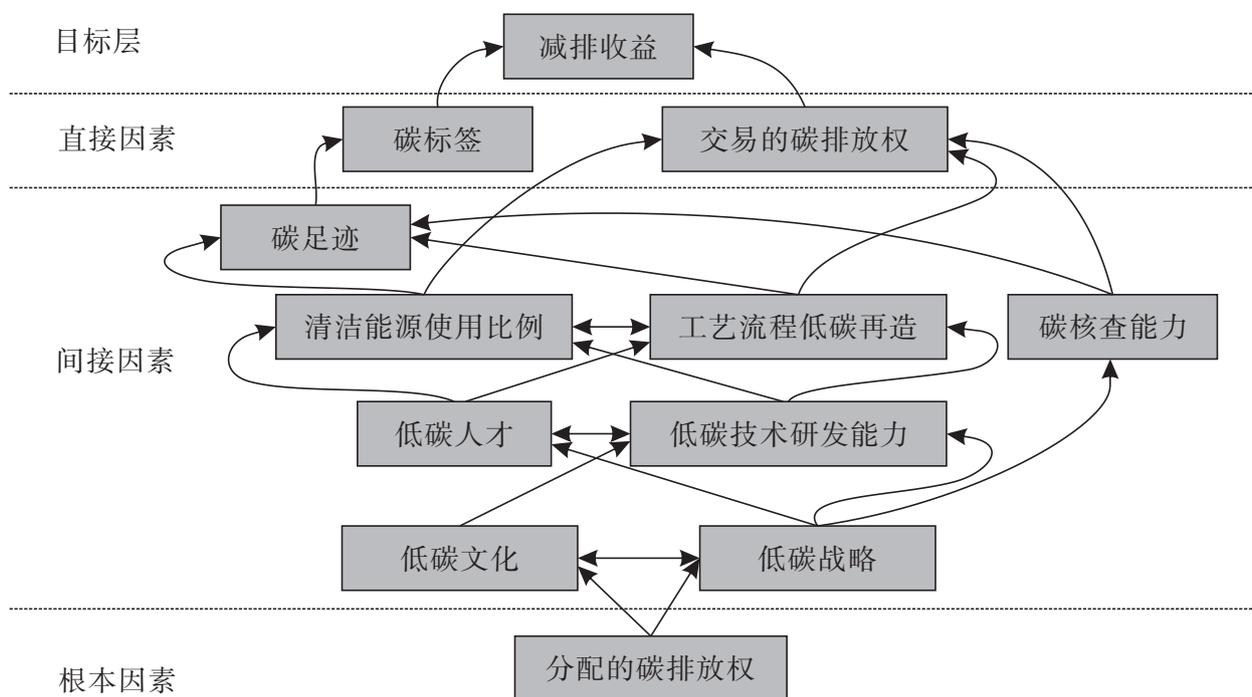


图2 企业碳无形资产层级结构有向图

根据图2所示，企业碳无形资产体系结构共有7个层次，其中，第1层为目标层，第2层为实现目标的直接因素，第3~6层是实现目标的间接因素，第7层是实现目标的根本因素。

(1) 直接因素：碳标签和用于交易的碳排放权是企业通过开展低碳活动所获经济收益的直接体现。碳标签是产品在整个生产流通环节温室气体排放量的直观体现。较低排放量的碳标签可以树立起低碳品牌的形象，满足消费者或下游采购商的低碳需求，进而在销售市场相对其他高碳竞争产品形成比较优势。此外，企业减排活动的收益还体现于在碳排放权交易市场中出售节余的碳排放权，获得额外收益。

(2) 间接因素：低碳战略、低碳文化、低碳人才、低碳技术研发能力、清洁能源使用比例、工艺流程低碳再造水平、碳核查能力、碳足迹是企业内部开展各项低碳活动所使用到的碳无形资产，这些资产的优劣不能直接影响到企业的经济绩效，属于间接因素。根据图2层级关系和有向指示，一方面可以捋清企业开展低碳活动的流程顺序；另一方面可以直观展示某种碳无形资产的开发路径和效果。

(3) 根本因素：企业所分配得到的碳排放权是企业所处低碳经济环境、规则的体现，是企业开展低碳业务、开发碳无形资产、追求减排收益的根本性因素。企业应根据所分配得到的碳排放权的数量、

方式、价格，有的放矢地合理开发各项碳无形资产，开展低碳活动，获取所处低碳经济环境下更优的经济绩效。

### 3 基于DEMATEL法的关键性和驱动性企业碳无形资产

#### 3.1 DEMATEL方法

DEMATEL模型是运用图论和矩阵论原理进行系统因素分析的方法，通过分析影响因素间的因果关系确定因素间的相互关联性，从而识别出影响机制中的关键影响因素，进而为管理决策提供理论支撑。近年来，DEMATEL方法在第三方物流服务企业风险因素分析<sup>[15]</sup>、人力资源管理<sup>[16]</sup>、汽车维修管理指标<sup>[17]</sup>、医院服务质量的影响机制<sup>[18]</sup>等诸多领域得到广泛应用。

#### 3.2 企业碳无形资产直接影响关系矩阵

明晰企业碳无形资产层次结构和因果关系是开发企业碳无形资产的前提，开发企业碳无形资产的核心在于找出体系中的关键影响因素。根据2.2节的得到的对应资产间的直接影响程度，构建企业碳无形资产间的直接影响关系矩阵X。如表6所示。

表 6 企业碳无形资产直接影响关系矩阵 X

因素	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	F <sub>5</sub>	F <sub>6</sub>	F <sub>7</sub>	F <sub>8</sub>	F <sub>9</sub>	F <sub>10</sub>	F <sub>11</sub>	F <sub>12</sub>
F <sub>1</sub>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
F <sub>2</sub>	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	3
F <sub>3</sub>	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1
F <sub>4</sub>	1	1	3	1	2	1	1	1	1	1	1	3
F <sub>5</sub>	1	1	3	2	1	1	1	1	1	1	1	3
F <sub>6</sub>	1	1	1	1	1	1	1	3	2	2	2	3
F <sub>7</sub>	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
F <sub>8</sub>	1	2	1	3	2	1	2	1	2	3	2	1
F <sub>9</sub>	1	1	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1
F <sub>10</sub>	1	1	1	3	3	1	1	1	1	1	3	1
F <sub>11</sub>	1	1	1	2	3	1	1	1	1	3	1	1
F <sub>12</sub>	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

矩阵 G 的公式如下所示：

$$G=X(\max \sum x_{ij})^{-1} \quad (1)$$

其中， $x_{ij}$  表示碳无形资产  $F_i$  对碳无形资产  $F_j$  的直接影响程度。

经计算，企业碳无形资产标准化直接影响关系矩阵 G 如表 7 所示。

在直接影响关系的基础上，还应考量资产  $F_i$  对资产  $F_j$  的综合影响（即直接影响和间接影响之和）。将标准化直接影响关系矩阵 G 转化为综合影响关系矩阵 T 的公式如下所示：

$$T=G(I-G)^{-1} \quad (2)$$

经计算，企业碳无形资产综合影响关系矩阵 T 如表 8 所示。

3.3 标准化直接影响关系矩阵和综合影响关系矩阵  
将直接影响矩阵 X 转化为标准化直接影响关系

表 7 企业碳无形资产标准化直接影响关系矩阵 G

因素	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	F <sub>5</sub>	F <sub>6</sub>	F <sub>7</sub>	F <sub>8</sub>	F <sub>9</sub>	F <sub>10</sub>	F <sub>11</sub>	F <sub>12</sub>
F <sub>1</sub>	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.047 6
F <sub>2</sub>	0.047 6	0.047 6	0.142 9	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.142 9
F <sub>3</sub>	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.142 9	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.047 6
F <sub>4</sub>	0.047 6	0.047 6	0.142 9	0.047 6	0.095 2	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.142 9
F <sub>5</sub>	0.047 6	0.047 6	0.142 9	0.095 2	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.142 9
F <sub>6</sub>	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.142 9	0.095 2	0.095 2	0.095 2	0.142 9
F <sub>7</sub>	0.142 9	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.047 6
F <sub>8</sub>	0.047 6	0.095 2	0.047 6	0.142 9	0.095 2	0.047 6	0.095 2	0.047 6	0.095 2	0.142 9	0.095 2	0.047 6
F <sub>9</sub>	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.095 2	0.095 2	0.047 6	0.095 2	0.095 2	0.047 6	0.095 2	0.095 2	0.047 6
F <sub>10</sub>	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.142 9	0.142 9	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.142 9	0.047 6
F <sub>11</sub>	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.095 2	0.142 9	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.142 9	0.047 6	0.047 6
F <sub>12</sub>	0.142 9	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.047 6	0.047 6

表 8 企业碳无形资产综合影响关系矩阵 T

因素	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	F <sub>5</sub>	F <sub>6</sub>	F <sub>7</sub>	F <sub>8</sub>	F <sub>9</sub>	F <sub>10</sub>	F <sub>11</sub>	F <sub>12</sub>
F <sub>1</sub>	0.212 8	0.178 5	0.232 0	0.239 9	0.240 9	0.169 2	0.209 5	0.194 2	0.186 5	0.225 3	0.216 9	0.248 1
F <sub>2</sub>	0.267 3	0.215 9	0.375 9	0.290 1	0.291 4	0.204 7	0.262 4	0.234 9	0.225 6	0.272 5	0.262 3	0.395 4
F <sub>3</sub>	0.244 1	0.197 1	0.256 2	0.264 9	0.266 0	0.186 9	0.326 6	0.214 5	0.206 0	0.248 8	0.239 5	0.274 0
F <sub>4</sub>	0.280 7	0.226 7	0.394 7	0.306 9	0.353 7	0.214 9	0.275 5	0.246 7	0.236 9	0.286 2	0.275 4	0.415 1
F <sub>5</sub>	0.280 7	0.226 7	0.394 7	0.352 4	0.308 2	0.214 9	0.275 5	0.246 7	0.236 9	0.286 2	0.275 4	0.415 1
F <sub>6</sub>	0.317 7	0.262 5	0.339 7	0.368 5	0.368 3	0.244 5	0.310 2	0.378 4	0.321 8	0.390 8	0.374 3	0.458 2
F <sub>7</sub>	0.328 3	0.195 5	0.254 1	0.262 7	0.263 9	0.185 4	0.229 4	0.212 7	0.204 3	0.246 8	0.237 5	0.271 8
F <sub>8</sub>	0.336 8	0.324 2	0.381 6	0.485 4	0.444 2	0.262 2	0.376 6	0.303 2	0.336 7	0.452 5	0.395 9	0.406 6
F <sub>9</sub>	0.298 5	0.247 6	0.331 2	0.393 1	0.394 9	0.232 6	0.339 1	0.314 7	0.258 7	0.367 3	0.353 6	0.353 4
F <sub>10</sub>	0.293 0	0.244 0	0.337 7	0.433 8	0.439 6	0.231 3	0.288 3	0.265 5	0.255 0	0.317 1	0.392 6	0.359 8
F <sub>11</sub>	0.280 8	0.234 1	0.320 6	0.377 0	0.424 2	0.222 0	0.276 3	0.254 8	0.244 7	0.391 7	0.293 6	0.341 7
F <sub>12</sub>	0.328 3	0.195 5	0.254 1	0.262 7	0.263 9	0.185 4	0.229 4	0.212 7	0.204 3	0.246 8	0.237 5	0.271 8

3.4 碳无形资产的影响度、被影响度、原因度和中心度

资产  $F_i$  的影响度  $D_i$  表示该资产对其他所有资产的综合影响程度，由综合影响关系矩阵 T 中第 i 行各元素之和构成，公式如下所示：

$$D_i = \sum t_{ij} \quad (3)$$

其中， $t_{ij}$  表示矩阵 T 中影响资产  $F_i$  对资产  $F_j$  的综合影响程度。

资产  $F_j$  的被影响度  $R_j$  表示该因素受其他所有资

产的综合影响程度，由综合影响关系矩阵 T 中第 j 列各元素之和构成，公式如下所示：

$$R_j = \sum t_{ij} \quad (4)$$

资产  $F_i$  的中心度表示该资产对整个系统的影响程度，由  $i=j$  时， $D_i+R_j$  表示，当  $D_i+R_j$  很小时，表示该资产独立，较少受其他因素影响较少；当  $D_i+R_j$  很大时，表示该资产为解决问题的关键资产。资产  $F_i$  的原因度表示该资产对整个系统的影响趋势，由  $i=j$  时， $D_i-R_j$  表示， $D_i-R_j < 0$  表示该资产为结果因素，

更容易被动受其他资产影响； $D_i - R_i > 0$  表示该资产为原因因素，更能主动影响其他资产。

根据计算可得企业碳无形资产的影响度、被影响度、中心度和原因度，如表 9 所示。

表 9 企业碳无形资产的影响度、被影响度、中心度和原因度

因素	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_4$	$F_5$	$F_6$	$F_7$	$F_8$	$F_9$	$F_{10}$	$F_{11}$	$F_{12}$
影响度	3.469 2	2.748 2	3.872 5	4.037 4	4.059 1	2.554 0	3.398 8	3.079 0	2.917 4	3.732 0	3.554 6	4.211 0
被影响度	2.554 0	3.298 4	2.924 7	3.513 4	3.513 4	4.134 9	2.892 4	4.506 0	3.884 6	3.857 6	3.661 4	2.892 4
中心度	6.023 1	6.046 6	6.797 2	7.550 8	7.572 4	6.688 9	6.291 2	7.584 9	6.802 1	7.589 6	7.216 0	7.103 4
原因度	-0.915 2	0.550 2	-0.947 8	-0.524 1	-0.545 7	1.581 0	-0.506 4	1.427 0	0.967 2	0.125 6	0.106 7	-1.318 5

### 3.5 企业碳无形资产笛卡尔坐标系

根据表 9 显示结果，分别以企业碳无形资产的中心度和原因度为横坐标和纵坐标建立笛卡尔坐标系，如图 3 所示。根据各影响因素在笛卡尔坐标系中的分布，可以发现原因因素有： $F_2$  碳核查能力、 $F_6$  分配的碳排放权、 $F_8$  低碳战略、 $F_9$  低碳文化、 $F_{10}$  低碳技术研发能力、 $F_{11}$  低碳人才；结果因素有： $F_1$  减排收益、 $F_3$  碳足迹、 $F_4$  清洁能源使用比例、 $F_5$  工艺流程低碳再造、 $F_7$  碳标签、 $F_{12}$  交易的碳排放权。

相对于结果因素而言，原因因素更容易受外界控制，因此需要对原因因素额外重视。而处于图 1 最底端的  $F_6$  分配的碳排放权、 $F_8$  低碳战略、 $F_9$  低碳文化又是对其他因素影响最强的原因因素。 $F_4$ 、 $F_5$ 、 $F_8$ 、 $F_{10}$  这几个因素中心度都相对较大，是影响企业低碳竞争力的核心要素。结合原因度的情况，如何激发因素  $F_8$ 、 $F_{10}$ （低碳战略、低碳技术研发能力）的潜能，对因素  $F_4$ 、 $F_5$ （清洁能源使用比例、工艺流程低碳再造）的进行重点培育是提升企业减排收益的关键。

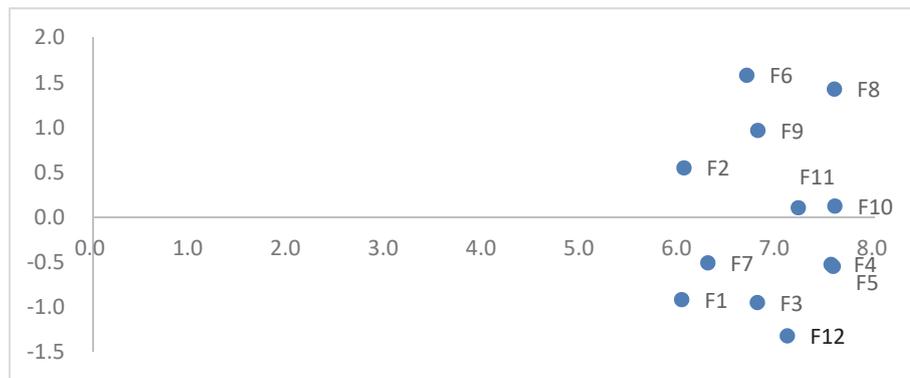


图 3 企业碳无形资产因果关系

## 4 结语

开发培育企业碳无形资产是企业未来追求减排收益，获取低碳竞争优势的必由之路，碳无形资产的多样性导致了开发路径、方式和效果的不同，目前相关领域的研究主要还是停留在定性分析为主的阶段。本文的主要贡献在于利用 ISM 方法构建了以获取减排收益为导向的企业碳无形资产结构体系，明晰了资产之间的因果联系；通过 DEMATEL 方法的中心度分析发现，低碳战略、低碳技术研发能力、清洁能源使用比例、工艺流程低碳再造 4 种碳无形资产是影响企业低碳竞争力的核心要素；通过原因度分析发现碳核查能力、分配的碳排放权、低碳战略、低碳文化、低碳文化、低碳技术研发能力、低碳人才是企业获取减排收益的驱动因素，分析结果与实践经验基本一致。上述分析结果将对企业开发碳无形资产、提升企业低碳绩效的实践操作有一定的参考价值。

### 参考文献：

- [1] JONATHAN L F. Competitive advantage on a warming planet [J]. Harvard business review, 2007 (3):2-40
- [2] 江玉国, 范莉莉, 胡颖梅. 基于组合评价法的钢铁企业低碳竞争力评价研究 [J]. 中国科技论坛, 2016(5):78-84
- [3] MICHAEL M. Safeguarding intangible assets [M]. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2014
- [4] 王璟珉, 聂利彬. 战略视角下企业碳资产管理 [J]. 中国人口·资源与环境, 2011(21): 131-134
- [5] RATNATUNGA J, JONES S, BALACHANDERANK R. The valuation and reporting of organizational capability in carbon emissions management [J]. Accounting Horizons, 2011(25): 127-132
- [6] 刘萍, 陈欢. 碳资产评估理论及实践初探 [M]. 北京: 中国财政经济出版社, 2013
- [7] STEFAN S, MARIA C. Carbon accounting for sustainability and management. status quo and challenges [J]. Journal of Cleaner Production, 2012(36): 1-16
- [8] 张鹏. 碳资产的确认与计量研究 [J]. 财会研究, 2011(5): 40-42
- [9] GARETH K. The three secrets of green business: unlocking competitive advantage in a low carbon economy [M]. London: Earthscan, 2010

- [ 10 ] 江玉国, 范莉莉. 碳无形资产视角下企业低碳竞争力评价研究 [ J ] . 商业经济与管理, 2014(9): 42-51
- [ 11 ] THRESH K, MURUGESAN P, DEVIKA K, et al. Analyzing the CSR issues behind the supplier selection process using ISM approach [ J ] . Resources, Conservation and Recycling, 2014(92):268-278
- [ 12 ] HE Y X, XIAT, XIONGW, et al. Risk transmission assessment of electricity price chain in China based on ISM and ECM [ J ] . International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 2013(46): 274-282
- [ 13 ] SHENL Y, SONGX G, WUY, et al. Interpretive structural modeling based factor analysis on the implementation of emission trading system in the Chinese building sector [ J ] . Journal of Cleaner Production, 2016(127): 214-227
- [ 14 ] MIGUEL R H, VICTOR B S, MURRAY T. A CIA - ISM scenario approach for analyzing complex cascading effects in operational risk management [ J ] . Engineering Applications of Artificial Intelligence, 2015(46): 289-302
- [ 15 ] KANNAN G, ATANU C. Interrelationships of risks faced by third party logistics service providers: a DEMATEL based approach [ J ] . Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 2016(90): 177-195
- [ 16 ] LAZIM A, NORSYAHIDA Z. Integration of fuzzy AHP and interval type-2 fuzzy DEMATEL: an application to human resource management [ J ] . Expert Systems with Applications, 2015(42): 4397-4409
- [ 17 ] DAVOR V, VLADIMIR M, NEBOJSA B, et al. Evaluation of vehicle fleet maintenance management indicators by application of DEMATEL and ANP [ J ] . Expert Systems with Applications, 2012(39):10552 - 10563
- [ 18 ] SHIEH J I, WUH H, HUANGK K. A DEMATEL method in identifying key success factors of hospital service quality [ J ] . Knowledge-Based Systems, 2010(23): 277-282

作者简介: 刘楠峰 (1984—), 男, 四川自贡人, 博士研究生, 主要研究方向为企业管理、低碳经济和系统仿真; 叶云波 (1991—), 男, 安徽芜湖人, 硕士研究生, 主要研究方向为低碳经济; 陈肖琳 (1984—), 女, 四川自贡人, 讲师, 主要研究方向为人力资源管理、社会保障。