

doi:10.11835/j.issn.1000-582X.2016.02.004

# 煤炭企业科技进步水平综合评价研究

曹树刚, 魏亚星

(重庆大学 煤矿灾害动力学与控制国家重点实验室, 重庆 400030)

**摘要:**根据煤炭企业资源约束性、生产高危性以及环境破坏性等特点,建立了以综合环境条件、科技投入水平、经济效益水平、社会效益水平等为主线,包含 9 个二级指标、24 个三级指标的煤炭企业科技进步水平评价指标体系;运用层次分析法,邀请 42 名不同工作单位和专业领域的专家采用 1~9 标度法得到指标权重值;权重分析表明,煤炭企业提高科技进步水平的工作重点是提升整体职工素质,引进高层次技术人才以及增加科技投入资金;最后,采用模糊综合评判方法对煤炭企业的科技进步水平进行了综合评价。实例分析表明,建立的评价体系具有较强的实用性,对煤炭企业的技术发展和管理优化具有一定的指导作用。

**关键词:**煤炭工业;科技进步;层次分析法;模糊理论;评价

**中图分类号:**F204

**文献标志码:**A

**文章编号:**1000-582X(2016)02-025-10

## A study on comprehensive evaluation of technological progress level of coal enterprises

CAO Shugang, WEI Yaxing

(State Key Laboratory of Coal Mine Disaster Dynamics and Control, Chongqing University, Chongqing 400030, P.R.China)

**Abstract:** According to the characters of coal enterprises, such as resource constraints, high-risk production and environmental destruction, etc., we established an evaluation index system of technical progress for coal enterprises, which consists of nine second indicators and 24 third indicators. By using 1-9 scale of AHP (analytic hierarchy process) method, 42 experts from different work units and professional fields were invited to obtain the index weight. According to the weight analysis, the optimal path to improve coal enterprises' technological level is to improve the quality of the whole staff, introduce high-level technical personnel and increase science and technology investment funds. Fuzzy comprehensive evaluation method was used to evaluate technology progress of coal enterprises. And a case study shows that this evaluation system can optimize coal industry development and management.

**Keywords:** coal industry; technological progress; AHP; fuzzy set theory; evaluation

当前,中国经济正处于转型发展的关键时期。提高经济质量和效益,必须以科技进步为动力。《国家中长期科学技术发展规划纲要(2006—2020)》提出,2020 年科技进步对经济增长的贡献率需达到 60%。煤炭

**收稿日期:**2015-10-09

**基金项目:**国家自然科学基金联合基金资助项目(U1361205);国家自然科学基金资助项目(51474039);煤矿灾害动力学与控制国家重点实验室自主课题(2011DA105287-ZD201302)。

Supported by Co-funded Projects of National Natural Science Foundation of China (U1361205), National Natural Science Foundation of China(51474039) and Independent Subject of State Key Laboratory of Coal Mine Disaster Dynamics and Control, Chongqing University(2011DA105287-ZD201302).

**作者简介:**曹树刚(1955-),男,重庆大学教授,博士生导师,主要从事矿业工程的研究和教学工作,(E-mail)caosg@cqu.edu.cn。

行业作为中国经济发展的重要支柱性产业,提高科技进步水平成为企业适应内外部环境发展的综合要求。而针对煤炭企业科技进步水平进行有效评价,根据评价结果找出企业内部生产管理系统的薄弱环节,并提出相应的对策,是提高企业科技进步水平的有效途径。

科技进步水平综合评价的方法主要包括生产函数法、索洛余值法以及综合指标评估法。生产函数法和索洛余值法的原理分别是基于 C-D 函数对劳动要素进行分离以及利用增长速度方程构建数学模型。张莉侠等<sup>[1]</sup>采用索洛余值法测算了 1990—2009 年北京、上海及天津三大都市农业科技进步贡献率;Denis 等<sup>[2]</sup>基于内生增长理论对科技与教育投入的产出进行分析;雷玲等<sup>[3]</sup>基于 C-D 生产函数对陕西省农业科技进步贡献率进行了测算。此外,Han 等<sup>[4]</sup>、Hulten 等<sup>[5]</sup>也对此做了深入研究。可见,此类方法大量应用于宏观经济研究中,其假设条件苛刻、统计数据要求严格,少有针对企业对象的科技进步评价的研究。

综合指标评估法以建立评价指标体系为基础进行综合评价。张俊华等<sup>[6]</sup>选取技术创新投入占销售额比例、工程技术人员比例、先进设备比率等指标,利用主成分分析法对上海市工业企业技术进步状况进行评价;章穗等<sup>[7]</sup>筛选了 R&D 经费、R&D 人数等 5 个指标,建立了基于熵权法的中国“十五”期间的科学技术发展状况评价模型。此外,王志勇等<sup>[8]</sup>、迟国泰等<sup>[9]</sup>、李敬锁等<sup>[10]</sup>、于敏<sup>[11]</sup>也对此作了深入研究。整体来看,近年来综合指标评估法在区域和企业科技进步评价中应用颇多,但企业多为一般工业企业,煤炭企业作为具有独立特征的非一般工业企业,评价其科技进步水平不适用。因此,迫切需要针对当前煤炭行业发展状态,并结合煤炭企业的特点建立反映煤炭企业科技进步水平真实状况的评价指标体系,在此基础上,再对其作有效评价。

## 1 煤炭企业的特点

与其他工业企业相比,煤炭企业主要具有以下特点<sup>[12-13]</sup>。

1)资源约束性。煤炭是贯穿煤炭企业生产和发展整个过程的自然资源,经过长久的地质作用富集,具有不可再生性、赋存地点固定和赋存条件复杂的特点。煤炭企业的科技进步难易程度受其资源条件影响明显。

2)生产高危性。采煤工作大部分都是井下作业,环境恶劣且危险性高。相应地,煤炭企业对生产环境的安全要求也很高。故而,提高企业安全效益成为煤炭企业科技进步的发展方向。

3)环境破坏性。煤矿井下生产、地面洗选及配套的化工生产各环节,均会产生大量固体、液体及气体废弃物。企业在加强对环境的恢复治理的同时,充分挖掘其经济效益,是煤炭企业科技发展的趋势。

## 2 评价指标体系

构建煤炭企业科技进步水平综合评价指标体系,首先应遵循科学性、系统全面性、可比性、动态性及可操作性原则。结合投入产出分析法,在一般工业企业以科技投入水平和经济效益水平两大指标为主线展开评价的基础上,增加综合环境条件指标表征煤炭企业科技进步的难易程度,以及社会效益水平指标评价煤炭企业的安全可靠度和环境和谐程度。

综合环境条件,指的是制约煤炭企业科技进步的客观条件,分为内部和外部条件。内部条件,即企业资源禀赋条件,包括地质条件和开采条件<sup>[14]</sup>。外部条件是指社会环境条件,其最为敏感、直接、具有代表性并能充分反映外部环境本质的影响煤炭企业科技进步的因素,包括政治、经济以及人文三方面<sup>[15]</sup>,反映到具体指标,即为政策配套、产业配套以及人才配套情况。

科技投入水平反映煤炭企业的科技投入能力及投入力度。按投入对象的不同,科技投入可分为人力投入、资金投入和物力投入三方面。

煤炭企业科技进步的经济效益,就是衡量其收益和成本。在经济上,表现为增加销售收益,同时减少能耗和降低生产成本;在技术上,表现为提高劳动生产率及促进集约化生产。

社会效益水平,又分为环境效益以及安全效益两方面。根据环境保护部发布的《中华人民共和国国家环境保护标准——环境影响评价技术导则煤炭采选工程》,煤炭企业环境保护工作的重点主要包括“三废”的治理、采空区的复垦以及煤炭资源的回收,环境效益评价则以此为准则。而针对安全效益的评价,除了传统的百万吨死亡率和职业病发病率指标,考虑到安全文化是企业安全管理方案的最重要组成部分,和企业的安全业绩紧密相连<sup>[16]</sup>,因此,笔者以促进企业安全管理核心理念的理解、实施、贯彻或者应用过程中,所形成的安

全文化对企业发展的作用力场,作为衡量企业安全文化建设的标准。

具体指标设置如表 1 所示。

表 1 指标体系及其相对权重  
Table 1 The index system and its relative weight

目标层 A	准则层 B	分准则层 C	指标层 D		
煤 炭 企 业 科 技 进 步 评 价 指 标 体 系 A	综合环境条件 B <sub>1</sub> 0.129 3	社会环境条件 C <sub>1</sub> 0.222 2	国家及地方政策支持力度 D <sub>1</sub>	0.608 3	
			配套产业发展状况 D <sub>2</sub>	0.220 1	
		资源禀赋条件 C <sub>2</sub> 0.777 8	专业人才供给情况 D <sub>3</sub>	0.171 6	
			地质构造复杂程度 D <sub>4</sub>	0.333 3	
		人力投入 C <sub>3</sub> 0.509 2	煤层赋存条件 D <sub>5</sub>	0.666 7	
			职工平均受教育程度 D <sub>6</sub>	0.501 0	
	高层次技术人才比例 D <sub>7</sub>		0.330 0		
	科技投入水平 B <sub>2</sub> 0.506 5	资金投入 C <sub>4</sub> 0.330 2	技术及安全培训人时增长系数 D <sub>8</sub>	0.169 0	
			科技投入年增长率 D <sub>9</sub>	0.467 5	
		物力投入 C <sub>5</sub> 0.160 6	安全管理费用投入比率 D <sub>10</sub>	0.241 5	
			技术引进、改造、开发经费比重 D <sub>11</sub>	0.291 0	
		经济效益水平 B <sub>3</sub> 0.228 9	经济指标 C <sub>6</sub> 0.640 0	采煤机械化水平 D <sub>12</sub>	0.481 3
				掘进机械化水平 D <sub>13</sub>	0.356 0
	技术指标 C <sub>7</sub> 0.360 0		生产设备更新率 D <sub>14</sub>	0.162 7	
		成本费用利润率 D <sub>15</sub>	0.709 7		
	社会效益水平 B <sub>4</sub> 0.135 3	环境效益 C <sub>8</sub> 0.250 0	年均能源消耗量减少率 D <sub>16</sub>	0.290 3	
			“三废”综合利用率 D <sub>19</sub>	0.637 0	
		安全效益 C <sub>9</sub> 0.750 0	采空区复垦率 D <sub>20</sub>	0.104 7	
			煤炭资源回收率 D <sub>21</sub>	0.258 3	
			百万吨死亡率 D <sub>22</sub>	0.550 6	
			职业病发病率 D <sub>23</sub>	0.275 9	
			安全文化作用力 D <sub>24</sub>	0.173 5	

### 3 指标权重

#### 3.1 层次分析法

在现有的指标体系基础上,确定各指标权重是构成评价模型并进行最终评判的基础。权值不仅反映了各指标的相对重要程度,还揭示着企业科技进步的发展方向,在整个评价过程中占据着十分重要的地位。

指标权重的计算方法主要有主观赋权法和客观赋权法。主观赋权包括专家打分法、层次分析法等;客观赋权法包括主成分分析法、熵权法、神经网络分析法等。考虑煤炭工业现实状态的复杂性,文章选用专家打分和层次分析相结合的办法确定各指标权重。

针对所建指标体系,邀请专家对各层次指标两两比较其相对重要性,并采用 1~9 标度法<sup>[17]</sup>进行打分。根据专家打分算术平均值  $a_{ij}$  建立判断矩阵,判断矩阵表示针对上一层次某一因素而言,本层次与之有关各因素之间的相对重要性。以表 1 中准则层 B 为例,建立确定其权重的判断矩阵如表 2 所示。其中  $a_{ij} > 0$ ;  $a_{ij} = 1/a_{ji}$ ; 当  $i = j$  时  $a_{ij} = 1$ 。

表 2 准则层 B 判断矩阵

Table 2 The judgement matrices of critetion level B

A	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>
B <sub>1</sub>	a <sub>11</sub>	a <sub>12</sub>	a <sub>13</sub>	a <sub>14</sub>
B <sub>2</sub>	a <sub>21</sub>	a <sub>22</sub>	a <sub>23</sub>	a <sub>24</sub>
B <sub>3</sub>	a <sub>31</sub>	a <sub>32</sub>	a <sub>33</sub>	a <sub>34</sub>
B <sub>4</sub>	a <sub>41</sub>	a <sub>42</sub>	a <sub>43</sub>	a <sub>44</sub>

根据所得判断矩阵,计算其特征向量和最大特征根,其具体步骤如下。

1) 计算判断矩阵中的每一行元素的乘积  $M_i$ ,

$$M_i = \prod_{j=1}^n a_{ij} (i=1,2,\dots,n)。$$

2) 计算  $M_i$  的  $n$  次方根  $\bar{W}_i$ ,

$$\bar{W}_i = \sqrt[n]{M_i}。$$

3) 将方根向量归一化,计算特征向量  $W_i$ ,

$$W_i = \frac{\bar{W}_i}{\sum_{j=1}^n \bar{W}_j} (i=1,2,\dots,n)。$$

4) 计算判断矩阵的最大特征根  $\lambda_{\max}$ ,

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{(A \bar{W})_i}{n \bar{W}_i}。$$

在完成以上步骤以后,要对其进行一致性检验。计算随机一致性比率 CR,使用公式

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}; CR = CI/RI$$

其中,RI 值包括: $n=2, RI=0; n=3, RI=0.58; n=4, RI=0.9$ 。

当  $CR < 0.1$  时,即认为判断具有满意的一致性,所得即为各指标相对上一层指标的权重,否则需要调整判断矩阵,直到其具有满意的一致性。最后将相对权重换算为相对总目标的最终权重,完成整个计算过程。

### 3.2 专家库

依据国家科学技术部颁布的《科学技术评价办法》,评价专家应包括技术专家、经济学家、管理专家、企业家及用户代表等 5 个方面。同时,为了克服主观赋权法所固有的主观随机性较强,其结果随专家对项目理解程度不同而波动较大的缺陷,为增加结果的可靠度,文中所建打分专家库共邀请了来自不同工作单位、不同专业领域的 42 名专家。

其中,专家来源包括高校、研究院和企业,专业领域有生产技术、安全管理、经济管理,职称为中高级以上。对专家库的具体分析如图 1 所示。

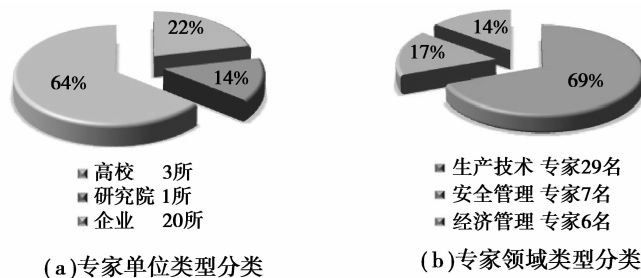


图 1 专家库分析饼状图

Fig.1 The pie chart of expert analysis result

### 3.3 权重值

各指标相对上一层次权重值的计算结果如表 1 所示。

指标权重排序结果为:准则层  $B_2 > B_3 > B_4 > B_1$ ;分准则层  $C_3 > C_4 > C_6 > C_9 > C_2 > C_7 > C_5 > C_8 > C_1$ ;指标层  $D_6 > D_{15} > D_7 > D_9 > D_5 > D_{17} > D_{22} > D_{11} > D_8 > D_{16} > D_{10} > D_{12} > D_4 > D_{13} > D_{23} > D_{18} > D_{19} > D_{24} > D_1 > D_{14} > D_{21} > D_2 > D_3 > D_{20}$ 。

权重分析表明,煤炭企业科技进步、管理优化的工作重点是提高整体职工素质,引进高层次技术人才以及增加科技投入资金。

## 4 综合评价

### 4.1 评价模型的选择

由于所拟指标体系既含有定性指标,也含有定量指标,故选用模糊综合的方法构建评价模型。

### 4.2 评价模型的具体构建

模糊综合评价模型的具体构建分 5 步进行。

1)确定因素集与评语集。设因素(指标)集合为  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ ,评语集  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_m\}$ 。其中,  $v_j (j=1, 2, \dots, m)$  表示针对各因素(指标)做出的等级评判。笔者参考国内相关研究成果<sup>[18]</sup>,将煤炭企业科技进步综合评价的评语集设为  $V = \{v_1, v_2, v_3, v_4\} = \{\text{优, 良, 中, 差}\}$ ,对应分值及相关规定见表 3。

表 3 评语集及其对应分值  
Table 3 Comment set and its corresponding score

90~100	70~90	60~70	0~60
优	良	中	差
处于国内同行业先进水平;科技进步方向以及投入力度均能满足发展需要	介于平均水平与先进水平之间;企业科技进步方向及投入力度部分满足发展需要,仍需作出调整	为国内同行业平均水平;企业科技进步方向及投入力度仅能满足当前需要,未来发展将受到限制	低于国内同行业平均水平,企业科技进步发展方向及投入力度不能满足当前需要,企业亟需作出重大变革

2)进行单因素评价,建立模糊关系矩阵。因素论域  $U$  与评语论域  $V$  之间的模糊关系可以用模糊关系矩阵  $R$  来表示。

$$R = [r_{ij}] = \begin{bmatrix} r_{11} & \cdots & r_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ r_{m1} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix}, \quad (1)$$

式中:  $r_{ij}$  表示第  $i$  种指标隶属于第  $j$  种评语等级的可能性,即  $i$  对  $j$  的隶属度。

对于定性指标( $D_1, D_2, D_3, D_4, D_5, D_{24}$ ),采用模糊统计法确定其等级隶属度。咨询多位专家,针对评价对象的每一指标作出“优良中差”的属性判断,然后进行统计汇总,得出各个等级评判所占的百分比,即为其隶属度。

对于定量指标( $D_6 \sim D_{23}$ ),采用梯形隶属函数确定隶属度,其公式如下。

$$r_{i1}(x) = \begin{cases} 1 & x < S_1 \\ (S_2 - x)/(S_2 - S_1) & S_1 \leq x \leq S_2 \\ 0 & x > S_2 \end{cases}, \quad (2)$$

$$r_{i2}(x) = \begin{cases} 0 & x < S_1 \quad x \geq S_4 \\ (x - S_1)/(S_2 - S_1) & S_1 \leq x < S_2 \\ 1 & S_2 \leq x < S_3 \\ (S_4 - x)/(S_4 - S_3) & S_3 \leq x < S_4 \end{cases}, \quad (3)$$

$$r_{i3}(x) = \begin{cases} 0 & x < S_3 \quad x \geq S_6 \\ (x - S_3)/(S_4 - S_3) & S_3 \leq x < S_4 \\ 1 & S_4 \leq x < S_5 \\ (S_6 - x)/(S_6 - S_5) & S_5 \leq x < S_6 \end{cases}, \quad (4)$$

$$r_{i4}(x) = \begin{cases} 0 & x < S_5 \\ (x - S_5)/(S_6 - S_5) & S_5 \leq x \leq S_6 \\ 1 & x > S_6 \end{cases}, \quad (5)$$

式中： $r_{i1}$ 、 $r_{i2}$ 、 $r_{i3}$ 、 $r_{i4}$  分别表示第  $i$  个指标隶属于差、中、良、优的程度。

另外，在  $D_1 \sim D_{24}$  中，包含有逆指标  $D_1$ 、 $D_2$ 、 $D_3$ 、 $D_4$ 、 $D_5$ 、 $D_{18}$ 、 $D_{22}$ 、 $D_{23}$ 。对于逆指标而言，综合评价价值随逆指标的值增大而减小，则在构造其单因素评价矩阵时，应对其隶属度做出调整，以其隶属于优的隶属度与属于差的隶属度交换，以良的隶属度交换属于中的隶属度。

具体指标阈值  $S_1 \sim S_6$  如表 4 所示。

表 4 定量指标阈值  
Table 4 Quantitative indicators threshold

指 标	阈 值					
	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$	$S_5$	$S_6$
$D_6$	12	12.4	12.8	13.2	13.6	14
$D_7$	6	7	8	9	10	11
$D_8$	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
$D_9$	1.00	1.80	2.60	3.40	4.20	5.00
$D_{10}$	2.30	3.04	3.78	4.52	5.26	6.00
$D_{11}$	1	1.34	1.68	2.02	2.36	2.70
$D_{12}$	75	79	83	87	91	95
$D_{13}$	75	79	83	87	91	95
$D_{14}$	15	22	29	36	43	50
$D_{15}$	5.00	6.40	7.80	9.20	10.60	12.00
$D_{16}$	1.50	1.94	2.38	2.82	3.26	3.70
$D_{17}$	4.6	20.08	35.56	51.04	66.52	82
$D_{18}$	45	58	71	84	97	110
$D_{19}$	60	66	72	78	84	90
$D_{20}$	25	30	35	40	45	50
$D_{21}$	40	44	48	52	56	60
$D_{22}$	0.03	0.084	0.138	0.192	0.246	0.3
$D_{23}$	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20

注： $D_6$ ，年； $D_7$ 、 $D_9 \sim D_{16}$ 、 $D_{19} \sim D_{21}$ 、 $D_{23}$ ，%； $D_{17}$ ，t/工； $D_{18}$ ，m/万吨。

3) 第一级评判。设模糊综合运算式为

$$C'_1 = d \circ R_1. \quad (6)$$

式中： $C'_1$  表示准则层  $C$  第一个指标  $C_1$  的模糊评判结果； $d$  表示指标  $C_1$  下级各因素相对于它的权重； $R_1$  为  $C_1$  下级各因素相对于评语集的隶属度所构成的模糊关系矩阵。

“ $\circ$ ”为模糊算子，包括主因素突出型、主因素决定型、加权平均型等。因为本文中需要对所有因素权重大小均衡兼顾，适用于考虑总体因素起作用的情况，故选用加权平均型模糊算子  $M(\circ, \oplus)$ 。

则

$$C'_1 = \bigoplus_{i=1}^n (d_i \circ r_{ij}) = \sum_{i=1}^n d_i \cdot r_{ij}.$$

同理，可得到  $C$  层以下各指标  $C_2 \sim C_9$  的模糊评判结果，以  $C'_2 \sim C'_9$  表示。

4) 第二级评判。采用同第一级评判同样的方法对准则层  $B$  进行模糊运算，其中，模糊关系矩阵由第一级评判所得  $C'_1 \sim C'_9$  构成。第二级评判结果由  $B'_1 \sim B'_4$  表示。

5) 第三级评判。同理可得目标层  $A$  包含的各下级元素相对于  $A$  的模糊综合评判结果  $A'$ 。

对评价结果作百分制变换，得综合评价价值  $E = A' * HT$ 。其中，与评语集“优、良、中、差”所对应的分数集合向量  $H = [95 \ 80 \ 65 \ 30]$ 。

## 5 应用实例

利用前面建立的科技进步评价体系,对我国北方某煤炭生产企业进行综合评价(下文以 Y 公司代指)。根据评价结果,对该企业目前的科技进步状态做出分析,并提出适当的调整及改进意见。

考虑到企业的科研项目需要一定时间,一般以 3 年计。所以,对 Y 公司 2010—2013 年的各指标数据进行统计,并取其算术平均值作为参与计算的 actual 值。做出的单因素评价结果如表 5 所示。

表 5 单因素评价  
Table 5 The single factor evaluation

指标	统计值	隶属度			
		优	良	中	差
$D_1$		0.40	0.20	0.30	0.10
$D_2$		0.20	0.30	0.30	0.20
$D_3$		0.30	0.10	0.20	0.40
$D_4$		0.00	0.20	0.20	0.60
$D_5$		0.00	0.20	0.40	0.40
$D_6$	13.03	0.00	0.57	0.43	0.00
$D_7$	1.18%	0.00	0.00	0.00	1
$D_8$	0.049	0.00	0.00	0.49	0.51
$D_9$	1.66%	0.00	0.00	0.82	0.18
$D_{10}$	6.13%	1.00	0.00	0.00	0.00
$D_{11}$	1.48%	0.00	0.00	1.00	0.00
$D_{12}$	99%	1.00	0.00	0.00	0.00
$D_{13}$	99%	1.00	0.00	0.00	0.00
$D_{14}$	100%	1.00	0.00	0.00	0.00
$D_{15}$	4.68%	0.00	0.00	0.00	1.00
$D_{16}$	1.88%	0.00	0.00	0.86	0.14
$D_{17}$	37	0.00	0.09	0.91	0.00
$D_{18}$	153.85	0.00	0.00	0.00	1.00
$D_{19}$	71%	0.00	0.00	1.00	0.00
$D_{20}$	27%	0.00	0.00	0.40	0.60
$D_{21}$	32%	0.00	0.00	0.00	1.00
$D_{22}$	0.8	0.00	0.00	0.00	1.00
$D_{23}$	0.25%	0.00	0.00	0.00	1.00
$D_{24}$		0.60	0.20	0.10	0.10

第一级、第二级评判所得结果分别见表 6、表 7。

表 6 第一级评判  
Table 6 The first level evaluation

评价指标	评价结果			
	优	良	中	差
$C_1$	0.34	0.21	0.28	0.17
$C_2$	0.00	0.20	0.33	0.47
$C_3$	0.00	0.29	0.30	0.41
$C_4$	0.24	0.00	0.68	0.08

续表 6

$C_5$	1.00	0.00	0.00	0.00
$C_6$	0.00	0.00	0.25	0.75
$C_7$	0.00	0.07	0.67	0.26
$C_8$	0.00	0.00	0.68	0.32
$C_9$	0.10	0.04	0.02	0.84

表 7 第二级评判

Table 7 The second level evaluation

评价指标	评价结果			
	优	良	中	差
$B_1$	0.08	0.20	0.32	0.40
$B_2$	0.24	0.15	0.38	0.23
$B_3$	0.00	0.00	0.43	0.57
$B_4$	0.08	0.03	0.18	0.71

第三级评判结果： $A' = [0.15 \ 0.10 \ 0.35 \ 0.40]$ 。对其作百分制变换，则综合评价值  $E = A' * HT = [0.15 \ 0.1 \ 0.35 \ 0.4] * [95 \ 80 \ 65 \ 30]T = 57$  分，略低于国内同行业平均水平。

同理，可将  $B$  层指标作百分制变换，得综合环境条件  $B_1 = 56.4$  分，科技投入水平  $B_2 = 66.4$  分，经济效益水平  $B_3 = 45$  分，社会效益水平  $B_4 = 43$  分。

结果分析：

1) 对照表 3，可知 Y 公司在科技进步难度中等，同时，在科技投入略高于业内平均的情况下，产出效益却远不能达到平均水平，高投低效现象明显。

2) 深入分析其各项指标，可以看出，低于行业内平均水平的有：地质构造复杂程度  $D_4$ 、高层次技术人才比例  $D_7$ 、技术及安全培训人时增长系数  $D_8$ 、成本费用利润率  $D_{15}$ 、万吨掘进率  $D_{18}$ 、采空区复垦率  $D_{20}$ 、煤炭资源回收率  $D_{21}$ 、百万吨死亡率  $D_{22}$ 、职业病发病率  $D_{23}$ 。该公司地处内蒙，是新建投产且实施煤电一体化项目的矿山企业。基建投资大，造成其初期经济效益不明显。而煤电一体化项目，导致整个企业管理层次复杂，安全管理难度大，从而导致安全绩效的不理想。但是，公司在人才投入以及环境绩效方面确实反映出很大问题，这与公司领导的不重视有关。

3) 就 Y 公司目前的情况看，经济效益将随着项目的成熟日益增加。而大多数安全问题都是由人的不安全行为导致，因此，提高整个企业的安全管理水平，首先要从人才整体素质的提高以及人才培养机制的完善着手。另外，针对企业环境效益偏低的问题，企业决策者必须首先从意识上纠正对其的不重视，综合利用各项资源，从而达到经济与社会协调发展的最终目的。

## 6 结 论

1) 基于使煤炭企业科技进步评价更加科学有效的目的，分析了煤炭企业的特点，建立了一套符合行业现状的评价指标体系。

2) 为了减小专家打分法的主观影响，邀请了不同工作单位的 42 名专家确定指标权重。权重排序的结果表明，煤炭企业想要得到长足发展，在科技进步上低投高效，重点是提高整体职工素质，引进高层次技术人才，并增加科技投入资金。

3) 使用模糊综合的方法对 Y 公司 2010—2013 年期间的科技进步水平进行了综合评价。评价结果表明，该公司科技进步水平略低于国内同行业平均水平，同时呈现高投低效的现象。

实例分析表明，建立的评价体系具有较强的实用性，对煤炭企业的技术发展和管理优化具有一定的指导作用。

### 参考文献：

- [1] 张莉侠, 张睿, 林建永. 1990—2009 年三大都市农业科技进步贡献率的测算及比较[J]. 中国科技论坛, 2012(11): 104-109.



- ZHANG Lixa, ZHANG Rui, LIN Jianyong. Calculation and comparison of contribution rate of agricultural scientific and technological progress in three metropolitan from 1990 to 2009[J]. Forum on Science and Technology in China, 2012(11): 104-109. (in Chinese)
- [2] Denis C, McMorro K, Roger W. An analysis of EU and US productivity developments(a total economy and industry level perspective)[J]. Economic Papers, 2004(208): 1-101.
- [3] 雷玲, 张召华, 王礼力. 陕西省农业科技进步贡献率的测算与分析: 基于 C-D 生产函数[J]. 技术经济, 2011, 30(5): 59-63.  
LEI Ling, ZHANG Zhaohua, WANG Lili. Measurement and analysis on contribution rate of agricultural science and technology progress in Shaanxi province: Based on C-D production function[J]. Technology Economics, 2011, 30(5): 59-63. (in Chinese)
- [4] Han G F, Kalirajan K, Singh N. Productivity and accumulation[J]. Journal of Developing Areas, 2004, 37(2): 99-118.
- [5] Hulten C R. New developments in productivity analysis [C]// Hulten C R, Dean E R, Harper M J. Studies in Income and Wealth. Chicago: University of Chicago Press, 2001.
- [6] 张俊华, 邹礼端. 主成份分析法在技术进步评价中的应用[J]. 科技进步与对策, 2004, 21(5): 32-33.  
ZHANG Junhua, ZOU Lirui. The application of principal component analysis in the evaluation of technology progress [J]. Science & Technology Progress and Polic, 2004, 21(5): 32-33. (in Chinese)
- [7] 章穗, 张梅, 迟国泰. 基于熵权法的科学技术评价模型及其实证研究[J]. 管理学报, 2010, 7(1): 34-42.  
ZHANG Sui, ZHANG Mei, CHI Guotai. The science and technology evaluation model based on entropy weight and empirical research during the 10th Five-Year of China[J]. Chinese Journal of Management, 2010, 7(1): 34-42. (in Chinese)
- [8] 王志勇, 尚朝秋, 鲍亦平. 地方科技进步评价研究的理论与实践: 以云南为例[J]. 科技管理研究, 2010, 30(2): 59-62.  
WANG Zhiyong, SHANG Chaoqiu, BAO Yiping. Theory and practice of evaluation of regional scientific and technological progress: Taking Yunnan as an example [J]. Science and Technology Management Research, 2010, 30(2): 59-62. (in Chinese)
- [9] 迟国泰, 隋聪, 齐菲. 基于超效率 DEA 的科学技术评价模型及其实证[J]. 科研管理, 2010, 31(2): 94-104.  
CHI Guotai, SUI Cong, QI Fei. The science and technology evaluation model based on super-efficiency DEA and its empirical research [J]. Science Research Management, 2010, 31(2): 94-104. (in Chinese)
- [10] 李敬锁, 袁学国, 牟少岩, 等. 农村科技进步评价指标体系研究[J]. 中国科技论坛, 2013(8): 123-127.  
LI Jingsuo, YUAN Xueguo, MU Shaoyan, et al. Research on evaluation index system of scientific and technological progress in rural areas [J]. Forum on Science and Technology in China, 2013(8): 123-127. (in Chinese)
- [11] 于敏. 农业科技进步评价研究: 以宁波市为例[J]. 科技进步与对策, 2010, 27(8): 97-99.  
YU Min. Research on evaluation of agricultural technology progress: Taking Ningbo city as an example [J]. Science & Technology Progress and Policy, 2010, 27(8): 97-99. (in Chinese)
- [12] Höök M, Aleklett K. Historical trends in American coal production and a possible future outlook [J]. International Journal of Coal Geology, 2009, 78(3): 201-216.
- [13] 钱鸣高, 缪协兴, 许家林, 等. 论科学采矿 [J]. 采矿与安全工程学报, 2008, 25(1): 1-10.  
QIAN Minggao, MIAO Xiexing, XU Jialin, et al. On scientized mining [J]. Journal of Mining and Safety Engineering, 2008, 25(1): 1-10. (in Chinese)
- [14] 李东印, 周英, 李化敏. 基于主观动态权重的科学采矿评价模型构建 [J]. 采矿与安全工程学报, 2012, 29(2): 172-177.  
LI Dongyin, ZHOU Ying, LI Huamin. Evaluation model on the coal scientized mining coefficient by the subjective dynamic weight [J]. Journal of Mining and Safety Engineering, 2012, 29(2): 172-177. (in Chinese)
- [15] 张凤武. 企业科技进步系统环境评价 [J]. 科技管理研究, 2006, 26(3): 66-70.  
ZHANG Fengwu. The appraisal on the environment of scientific and technological progress system in enterprise [J]. Science and Technology Management Research, 2006, 26(3): 66-70. (in Chinese)
- [16] Stewart J M. The turnaround in safety at the Kenora pulp papermill [J]. Professional Safety, 2001(12): 34-44.
- [17] 唐建新, 徐宁霞, 康钦容. 模糊综合评判在矿山地质环境中的应用 [J]. 重庆大学学报, 2010, 33(5): 145-150.  
TAN Jianxin, XU Ningxia, KANG Qinrong. Application of fuzzy comprehensive evaluation in mine geological environment [J]. Journal of Chongqing University, 2010, 33(5): 145-150. (in Chinese)
- [18] 刘鸿渊, 曾艳琳. 基于企业业务层次创新能力的 AHP 模糊评价 [J]. 科技进步与对策, 2007, 24(2): 116-120.  
LIU Hongyuan, ZENG Yanlin. The vague AHP evaluation based on innovation ability of enterprises' operation level [J]. Science & Technology Progress and Policy, 2007, 24(2): 116-120. (in Chinese)