

## 问题探讨

## 某能源公司安全管理效率评价\*

高乐红,朱艳娜,董洪光

(安徽理工大学 经济与管理学院,安徽 淮南 232007)

**摘要:**某能源股份有限公司是我国上市煤炭公司,为评价其安全管理效率,采用数据包络(DEA)分析方法,以员工人数、资产总额、安全生产费为投入指标,以原煤产量、百万吨煤死亡率为产出指标,对其2007—2018年间的安全管理效率进行了评价。结果显示,某能源公司在研究期间的安全管理效率较为低下,但近5年来有提升的趋势,2018年安全管理实现DEA有效;安全管理无效的主要原因为纯技术效率和规模效率低下。为提高安全管理效率,该企业应在安全投入资源的匹配性和安全投入规模的合理性两个方面采取针对性措施。

**关键词:**安全管理效率;规模效率;纯技术效率;数据包络分析法

**中图分类号:**TD79;X92

**文献标志码:**A

**文章编号:**1671-749X(2020)02-0043-04

## Evaluation of safety management efficiency in an energy company

GAO Le-hong, ZHU Yan-na, DONG Hong-guang

(School of Economics and Management, Anhui University of Science and Technology, Huainan 232007, China)

**Abstract:** As a listed coal company in China, in order to evaluate its safety management efficiency, using the data envelopment analysis (DEA) method, taking the number of employees, total assets and safety production cost as input indicators and raw coal output and million ton coal mortality as output indicators, its safety management efficiency in 2007-2018 was evaluated. The results show that the safety management efficiency of the company is relatively low during the research period, but there is a trend of improvement in the past five years. In 2018, the safety management achieved DEA effective. The main reasons for the ineffective safety management are low pure technical efficiency and scale efficiency. In order to improve the safety management efficiency, the enterprise should take targeted measures in the matching of safety input resources and the rationality of safety input scale.

**Key words:** safety management efficiency; scale efficiency; pure technical efficiency; data envelopment analysis

## 0 引言

美国管理学家罗宾斯认为,效率是管理极其重要的组成部分,它主要指投入与产出的关系<sup>[1]</sup>。由于投入资源具有稀缺性特点,因此每个企业都应想

方设法提高资源使用效率。我国依靠井工开采的煤炭产量为煤炭总产量的85%左右<sup>[2-3]</sup>,煤炭井工开采受地下水、瓦斯、煤尘、顶板、冲击地压等多种潜在安全影响因素的干扰,煤矿企业生产过程中,安全投入资源种类多,数量大,周期长,因此加强煤炭企业安全管理效率研究显得尤为必要。

某能源股份有限公司是我国上市煤炭公司我国大的煤炭生产商和供应商<sup>[4]</sup>,因此加强对该能源公司的安全管理效率研究意义重大。拟采用数据包络分析法,构建安全管理效率评价模型,对该能源公司

收稿日期:2019-10-31

\* 基金项目:国家自然科学基金项目(51774013);安徽省高校人文社会科学研究重点项目(SK2018A0097,SK2018A0098)

作者简介:高乐红(1972—),女,江苏连云港人,2010年毕业于中国矿业大学工商管理专业,硕士,讲师,现从事安全管理、区域可持续发展方向的研究工作。

2007—2018 年间的安全管理效率进行评价,以期为企业改进安全管理效率提供相关借鉴。

## 1 理论基础

### 1.1 研究方法简介

数据包络分析(Data Envelopment Analysis,简称DEA)要用于解决多输入-多输出的有效性评价问题。该方法的优点主要表现在关联性、数量单位无需处理、评价结果客观。关联性主要体现在,DEA方法假定每个输入都关联到一个或者多个输出,且输入输出之间确实存在某种联系,但不必确定这种关系的显示表达式。数量单位无需处理是指不需要对各投入产出指标进行无量纲化处理。评价结果客观是指对投入产出指标无需权重假设,避免了评价结果的主观性。由于DEA方法优点较多,因此在经济效率评价、绩效评价、风险评估等多个领域得到了广泛的应用。

### 1.2 DEA模型划分

依据规模报酬是否可变,可以将DEA模型划分为CCR模型和BCC模型。

CCR模型:CCR模型假定生产过程规模报酬不变,即当各投入量以等比例增加时,产出量也等比例增加;CCR模型可以用于评价企业的综合效率(TE),综合效率反映了在某一时期既定技术条件下的生产是否具有效率<sup>[5]</sup>。CCR输入导向的数据包络模型为

$$\begin{aligned} & \text{Min} \theta \\ & \text{s. t. } \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \theta x_{ik}, \forall i \\ & \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_{rk}, \forall r \\ & \quad \lambda_j \geq 0, \forall j \end{aligned} \quad (1)$$

假设上述模型的最优值为 $\theta^*$ ,表明第 $K$ 个决策单元(DMU<sub>k</sub>)所有输入要素的数量同时减少到原来的 $\theta^*$ 倍,仍然可以获得当前数量的产出。当 $\theta^* > 1$ ,各指标无松弛变量存在,表明决策单位是有效的;当 $\theta^* = 1$ ,各指标存在松弛变量时,表明决策单位是弱有效的;当 $\theta^* < 1$ ,表明决策单位是无效的。

BCC模型:BCC模型假定规模报酬可变,即当各投入量以等比例增加时,产出量不一定等比例增加,有可能规模递减或规模递增,BCC模型用于评价企业的规模效率。BCC输入导向的数据包络模

型为

$$\begin{aligned} & \text{Min} \theta \\ & \text{s. t. } \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \theta x_{ik}, \forall i \\ & \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_{rk}, \forall r \\ & \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\ & \quad \lambda_j \geq 0, \forall j \end{aligned} \quad (2)$$

CCR效率、BCC效率、规模效率之间的关系:CCR模型默认决策单元的规模处在最佳的状态,其所测量的效率为包含了技术效率和规模效率的综合效率;BCC模型所测量的则为纯技术效率。CCR效率、BCC效率、规模效率三者之间满足表达式

$$TE = PTE \times SE \quad (3)$$

BCC模型把综合技术效率分解为纯技术效率(PTE)和规模效率(SE)。纯技术效率(PTE)反映了在现有既定投入的条件下评价对象获得最大产出的能力;规模效率(SE)反映了评价对象是否在最合适的投资规模下运行<sup>[6]</sup>。

## 2 评价模型及指标的选择

### 2.1 评价模型的选择

评价某能源公司的安全管理效率,判断企业是否在合适的规模上运行,进而提出提高安全管理效率的相关对策,可以为提高安全管理效率服务。因此,采用BCC模型进行研究。

### 2.2 输入、输出指标的选择

相关文献选取的指标:依据相关文献<sup>[7-17]</sup>,近年来,学者们采用数据包络分析方法对煤炭企业安全管理效率进行相关研究时,采用的输入、输出指标具体见表1。由表1可知,不同的学者针对不同的研究对象,采用的输入、输出指标也不尽相同。针对煤炭企业集团的研究,学者们多采用资产总额、员工人数、安全投入作为输入指标,以煤炭产量、百万吨死亡率作为输出指标。

本文选取的指标:依据表1相关研究,本文选取的输入指标为资产总额、员工人数、安全投入;选取的输出指标为煤炭产量、百万吨死亡率。由于百万吨死亡率为非期望产出,不符合数据包络分析法规定的正向指标条件,因此需要采用线性数据转换法对数据进行转换<sup>[18]</sup>,转换函数形式为 $f(z) = 1 - z$ 。

表1 煤矿安全管理效率相关研究输入、输出指标统计

作者	投入指标	产出指标	研究对象
李广龙, 周科平, 等(2014)	采煤机械化水平、工程技术人员比重、颁布煤矿安全法规数和行业标准	百万吨死亡率	煤炭行业
杨广俊, 王立杰(2007)	资产总额、员工人数、安全投入	煤炭产量、百万吨死亡率	煤炭企业集团
程晓娟(2010)	资产总额、员工人数、安全投入、研发费用	煤炭产量、百万吨死亡率	煤炭企业集团
高艳芬, 贾明涛, 等(2013)	资产总额、从业人员、研发费用、安全投入	煤炭产量、百万吨死亡率	煤炭企业集团
孟晓娜, 苗成林, 等(2019)	安全投入(百万)、安全培训人次	净利润、百万吨死亡率	煤炭企业集团
李红霞, 蔡林美, 等(2013)	资产总额、从业人数、安全投入、研发费用	煤炭产量、百万吨死亡率、净利润	煤炭企业集团
成连华, 张良, 等(2015)	安全战略策划、领导者、生产者、安全过程管理、审核分析与改进	职业伤害、人员伤亡数量、经济损失	煤矿企业
王书明(2008)	安全投入总额、吨煤安全投入、安全工程投入、安全设备投入、安全科技投入、安全管理投入	事故发生率、原煤产量	煤矿企业
杜青, 孙春红(2009)	安全技术、工业卫生、安全教育、劳动保护、日常安全管理费	安全效益	煤矿企业
吴学旭(2015)	基础设施、人员系统、安全技术、安全管理、保险	安全投入产值	煤炭企业

表2 某能源公司安全管理效率研究基础数据

年度	产出指标		产出指标		
	原煤产量 / 万吨	百万吨死亡率	员工人数 / 人	资产总额 / 亿元	安全生产费 / 亿元
2007	9 052	0.022	51 527	579.59	8.5
2008	10 037	0.02	50 805	940.40	8.5
2009	10 856	0.009	55 614	1 096.81	11.3
2010	12 253	0.041	56 013	1 208.15	16.9
2011	13 061	0.008	54 948	1 606.35	21.5
2012	14 537	0	54 964	1 838.64	26
2013	11 714	0	55 261	2 149.43	18.8
2014	11 184	0.013	54 150	2 427.06	17.2
2015	9 547	0	52 648	2 569.80	16.39
2016	8 099	0.017	47 113	2 418.87	14.3
2017	7 554	0.026	44 356	2 519.23	15.96
2018	7 713	0	42 194	2 646.58	13.75

表3 某能源公司2007—2018年安全管理效率统计表

年度	综合效率	纯技术效率	规模效率	规模收益
2007	1.000	1.000	1.000	-
2008	1.000	1.000	1.000	-
2009	0.956	1.000	0.956	drs
2010	1.000	1.000	1.000	-
2011	0.973	0.974	0.999	irs
2012	1.000	1.000	1.000	-
2013	0.931	1.000	0.931	drs
2014	0.930	0.932	0.998	irs
2015	0.890	0.980	0.908	drs
2016	0.924	0.935	0.989	irs
2017	0.948 2	0.972	0.976	irs
2018	1.000	1.000	1.000	-
mean	0.963	0.983	0.980	

### 3 效率计算与分析

#### 3.1 数据来源说明

所有指标数据均来源于某能源公司2009—2018年间的《社会责任报告》。数据经整理,形成数据包络分析的原始数据见表2。

#### 3.2 结果分析及解决措施

计算结果:采用DEAP 2.1数据包络分析软件对某能源公司表2的相关数据进行分析,得到某能源公司历年效率相关指标和各个指标改进值,具体见表3、表4。

结果分析:①由表3可知,2018年某能源公司的综合技术效率、纯技术效率和规模效率值均为1,表明目前该能源公司处于安全生产最佳状态,即安全管理综合效率、纯技术效率、规模效率同时达到DEA有效水平,类似的年度还有2007、2008、2010、2012年;②综合效率结果表明,2015年该能源公司安全管理综合效率值最低(0.890),表明在产出不变化的情况下,安全各项投入等比例降低11%,完全可以实现当年同等的安全产出效果;③在研究的12年中,该能源公司安全管理无效年度有7年,占研究期间的58.33%,表明该公司安全管理效率整体有待提高;④2013—2017年该能源公司安全管理综合

效率值都小于均值(0.963),表明2013—2017年,该能源公司安全投入资源没有得到充分利用,存在较严重的浪费;⑤纯技术效率分析表明,有5个年度是纯技术效率值小于1且小于均值(0.983),说明这5个年度纯技术无效,企业对安全投入资源的组

合能力较差,投入资源匹配性差,表3的投入改进值也印证了这个结论;⑥规模效率分析表明,企业安全管理综合无效的7年中,都伴随着规模无效的情况,因此规模无效是影响某能源安全管理综合效率的最主要原因。

表4 某能源公司安全管理无效年度安全投入或安全产出需要改进的量

年度	产出改进值		投入改进值			实现有效改进对策
	原煤产量/万t	百万吨死亡率	员工人数/人	资产总额/亿元	安全生产费/亿元	
2009	0	0	0	0	0	应等比例缩小各项投入规模至原来的95.6%
2011	0	0.002	-1 410.949	-41.248	-1.161	降低百万吨死亡率或相应数值投入
2013	0	0	0	0	0	应等比例缩小各项投入规模至原来的93.1%
2014	0	0.005	-3 674.652	-791.087	-1.167	降低投入或百万吨死亡率相应数值
2015	0	0	-4 464.280	-151.106	-0.325	降低相应数值投入
2016	0	0.013	-3 076.314	-157.944	-1.632	降低投入或百万吨死亡率
2017	287.969	0.024	-1 263.070	-71.737	-2.716	提高原煤产出或降低其他指标

具体对策:由表4可知,为了提高安全管理效率,该能源公司各安全管理无效年度应采取的具体对策有两方面。①2009年、2013年应等比例降低各项安全投入的规模至相应的比例规模,才能实现安全管理有效;②其余各年通过降低投资和百万吨死亡率或提高原煤产量才能实现安全管理效率的提高;如2017年在产出不变的情况下,应将投入的员工人数、资产、安全生产费分别降低1 263.070人、71.737亿元、2.716亿元,或者在投入不变的情况下,原煤产量提高287.969万t,百万吨死亡率降低0.024的情况下,才能实现安全管理有效。

#### 4 结论

(1)某能源公司近12年来安全管理综合效率整体不高,安全管理无效年份占研究期间的58.33%,表明该公司安全投入的资源存在浪费现象。

(2)在安全管理无效的7年里,有5年是由于企业对投入的安全资源组合不合理造成的。即该能源公司各类安全资源的投入匹配性差,导致投入资源产出不高。

(3)安全投入规模不合理是造成该能源公司安全管理效率低下的最主要因素;经过近5年的调整,目前(2018年)该公司安全管理效率达到近年来最好水平。

(4)为改善安全管理效率,该能源公司应注意在安全投入资源组合的匹配性、安全投入规模的合理性两个方面着手,才能实现企业安全管理效率的

提升。

#### 参考文献:

- [1] 斯蒂芬·罗宾斯,玛丽·库尔特. 管理学(第13版)[M]. 北京:中国人民大学出版社,2017.
- [2] 马金山. 煤矿安全管理效率及其制约因素研究[D]. 徐州:中国矿业大学,2015.
- [3] 中国煤炭工业协会,煤炭工业技术委员会,中国煤炭学会露天开采专业委员会,煤炭工业规划设计研究院有限公司. 中国露天煤炭事业百年发展报告(1914—2013)[M]. 北京:煤炭工业出版社,2015.
- [4] 中国能源. 2018某能源社会责任发展报告[R]. 北京:中国某能源股份有限公司,2018.
- [5] 查京民,王晓颖. 基于DEA方法的建筑业安全管理效率评价[J]. 中国安全科学学报,2013,23(4):14-19.
- [6] 廖奇云,宋楠楠. 基于DEA的建设项目安全管理效率评价[J]. 项目管理技术,2016,14(11):40-44.
- [7] 李广龙,周科平,侯造水. 基于DEA和Malmquist指数的煤矿安全投入效率评价[J]. 中国安全生产科学技术,2014,10(11):162-167.
- [8] 杨广俊,王立杰. 现阶段煤炭企业集团公司安全效率的DEA分析[J]. 中国矿业,2007,16(12):23-25.
- [9] 程晓娟. 我国煤炭企业安全效率的DEA分析[J]. 矿业工程研究,2010,25(2):73-76.

(上转第29页)

效率分析:当该系统中两路输出的总电流为 50.2 mA 时,测得输入电流为 27.0 mA,由此可得系统的供电效率为

$$\eta = \frac{U_o I_o}{U_{in} I_{in}} = \frac{8.07 \times 50.2}{23.8 \times 27.0} = 63.04\%$$

测试结果分析:从测试的数据可以看出,本设计能较好的实现均流,达到很好的稳压效果,电压的调节响应也快,效率也可以满足要求。①系统的输出电压  $U_o = 8.0 \text{ V}$ ;②在保持输出电压为  $8 \text{ V} \pm 0.4 \text{ V}$  时,两个模块的输出电流基本可以按照  $I_1 : I_2 = 1 : 1$  模式自动分配电流;③系统的供电效率不低于 60%。

## 5 结语

顺应时代对大功率电源的要求,需要提高开关电源的效率。开关电源模块并联是提高电源工作效率的一种方法,在系统的设计当中,平均电流自动控制均流法可以精确地实现均流。在设计过程中遇到了如电感的选取、均流电路的设计等一系列问题,经过不断改进,基本满足了设计目标,实现了两路开关电源并联输出,并且可以自动均流分配,效率也可以满足要求。

### 参考文献:

- [1] 李定宣. 开关稳定电源设计与应用[M]. 北京:中国电力出版社,2006.

- [2] 张占松. 开关的原理与设计[M]. 北京:电子工业出版社,1999.
- [3] 何希才,张明莉. 新型稳压电源及应用实例[M]. 北京:电子工业出版社,2004.
- [4] 童诗白. 模拟电子技术基础(第3版)[M]. 北京:高等教育出版社,2001.
- [5] 胡斌. 电源电路时图[M]. 北京:人民邮电出版社,2008.
- [6] 周志敏,周纪海. 开关电源实用技术设计与应用[M]. 北京:人民邮电出版社,2003.
- [7] 张华林,周小方. 电子设计竞赛实训教程[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2007.
- [8] 孟君,崔志荣. 直流变换器多路输出的方法与应用[J]. 陕西煤炭,2006,25(1):38-39.
- [9] 侯清江,张黎强,许栋刚. 开关电源的基本原理及发展趋势探析[J]. 制造业自动化,2010,32(9):160-162,169.
- [10] 覃毅艺,刘咏平. 一种稳定的电源延时开关电路设计[J]. 电子技术与软件工程,2019,8(21):104-105.
- [11] 刘毅莉,付贤松,张金建,等. 一种有稳定输出的单端反激式 LED 开关电源的设计[J]. 天津工业大学学报,2012,31(3):52-55.
- [12] 白仁喜. 井下自动风门双电源控制开关技术设计[J]. 陕西煤炭,2019,38(4):47-51.

### (下接第 46 页)

- [10] 高艳芬,贾明涛,李宁,等. 基于偏好 DEA 和 Malmquist 的煤炭企业安全效率动态分析[J]. 中国安全科学学报,2013,23(5):126-131.
- [11] 孟晓娜,苗成林,孙丽艳,等. 基于 Malmquist-DEA 法的煤炭企业安全效率评价及影响因素研究[J]. 煤矿安全,2019,50(8):244-248.
- [12] 李红霞,蔡林美,李琰. 基于 DEA 的我国煤炭企业安全效率分析[J]. 中国安全科学学报,2013,23(3):167-171.
- [13] 成连华,张良,任璐. 基于数据包络分析法的煤矿安全绩效评价[J]. 煤矿安全,2015,46(11):245-

248.

- [14] 王书明. 煤矿安全投入系统分析及其决策的研究[D]. 徐州:中国矿业大学,2008.
- [15] 杜青. 基于 DEA 的煤矿安全投入效益分析[D]. 昆明:昆明理工大学,2009.
- [16] 孙春红. 基于 DEA 模型的煤矿安全投入产出分析[D]. 西安:西安科技大学,2009.
- [17] 吴学旭. 基于 Malmquist 指数模型的企业安全投入产出效率研究[J]. 煤炭技术,2015,34(4):331-332.
- [18] 刘笑. 考虑非期望产出的 DEA 模型(ICCR 模型)理论及应用研究[D]. 徐州:中国矿业大学,2014.