

基于产业关联度分析与煤相关行业节能技术评价

刘翠玲, 杨 昆, 王永胜

(山西省科学技术情报研究所, 山西 太原 030001)

摘 要:为评价与煤炭相关重点行业的节能技术,利用因子分析和聚类分析得出与煤相关的重点行业,计算出这些行业的产业联系广度与产业联系深度,分析了这些行业节能技术的使用方式及使用优势,运用优劣机威分析法分析了这些行业使用煤炭节能技术的实际因素,运用生命周期分析法分析了这些行业使用煤炭的节能技术的生命周期。与煤相关重点产业节能技术的使用方式主要为该产业产品直接消耗煤炭或间接消耗煤炭、煤炭直接消耗该产业产品或被该产业产品替代,使用优势主要为节约成本、节能减排、技术简便;与煤相关重点行业主要包括4个主要节能技术方向:煤天然气共气化制备合成气及煤气化技术、高效转换二次能源技术、高效喷吹塑料及喷煤技术、窑炉替代燃料混烧代煤技术。

关键词:煤炭;产业联系广度;产业联系深度;聚类分析;优劣机威;生命周期

中图分类号:F407.21 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-6772(2017)01-0115-07

Evaluation of key industries associated with coal energy saving technologies based on industrial correlativeness degree analysis

LIU Cuiling, YANG Kun, WANG Yongsheng

(Institute of Science Technology Information of Shanxi, Taiyuan 030001, China)

Abstract: In order to investigate some key energy saving technologies which were associated with coal industry, the key industries were determined through factor analysis and clustering analysis. The breadth and depth of industry contact were calculated. The using methods and advantages of the industries were analyzed. The SWOT method was adopted to analyze the lifetime of the energy saving technologies. The energy saving technologies associated with coal were that the products of the industries consumed coal directly or indirectly, coal industry consumed the products of the industries or the coal could be replaced by the products of the industries. The advantages of the energy saving technologies were that saving cost and energy, using sample technologies. The industries associated with coal contained four energy saving directions which were coal natural gas co-gasification to produce synthesis gas and coal gasification technology, secondary energy technologies, high efficient plastic and coal injection technologies, mixed coal combustion technologies.

Key words: coal; industry contact breadth; industry contact depth; clustering analysis; SWOT; life cycle

0 引 言

我国煤炭消费约占总能耗的70%,这是造成能源和环境问题的主要原因。2014年我国工业消耗煤炭39.05万tce,其中石油和天然气开采业、黑色金属矿采选业、纺织业、石油加工、炼焦及核燃料加工业、化学原料及化学制品制造业、非金属矿物制品

业、电力、煤气及水生产和供应业等重点行业消耗煤炭占工业用煤的73%以上。因此,可持续发展战略的重要要求便是重点行业使用煤炭过程中的节能。1995—2014年,我国钢铁、建材、石化、有色金属、化工、纺织6个重点行业消耗煤炭占全国煤炭消耗量的40%左右。其中,钢铁、建材、石化和化工4个行业的煤炭消费量约占六大行业煤炭总消费量的

收稿日期:2016-07-13;责任编辑:白娅娜 DOI:10.13226/j.issn.1006-6772.2017.01.022

基金项目:山西省科技攻关资助项目(20140313007-1)

作者简介:刘翠玲(1964—),女,山西太原人,副研究员,从事能源科技发展研究工作。E-mail:oyanghen@foxmail.com

引用格式:刘翠玲,杨 昆,王永胜.基于产业关联度分析与煤相关行业节能技术评价[J].洁净煤技术,2017,23(1):115-121,126.

LIU Cuiling, YANG Kun, WANG Yongsheng. Evaluation of key industries associated with coal energy saving technologies based on industrial correlativeness degree analysis[J]. Clean Coal Technology, 2017, 23(1): 115-121, 126.

90%。随着各行业的迅速增长带动了煤炭增长,为延续重点行业的可持续发展,需将主要的发展方向定位为发展清洁煤炭技术。通过分析我国煤炭产业的产业关联度,评价出与煤炭相关的重点行业并研究其节能技术。付欣欣^[1]基于全国2002年40部门和2007年42部门投入产出情况,运用投入产出模型,对我国的煤炭产业的产业关联进行测算,得出了煤炭产业中间需求大中间投入率小,前向关联度强而后向关联度弱的结论。高文静等^[2]选择了5个与煤炭高度相关的产业,建立了煤炭相关产业价格影响模型,找出6条煤炭相关产业价格影响路径。刘丹^[3]以陕西煤炭产业为例,运用投入产出模型定量分析了煤炭产业与其相关产业的关联度,发现煤炭产业对其前向关联产业具有推动作用^[4]。笔者利用因子分析和聚类分析得出与煤相关的重点行业,总结了重点行业的相关节能技术,即前向关联的行业的节能技术,以期得到与煤相关重点产业节能技术的使用方式、优势,并对其进行节能技术评价。

1 产业关联度公式及煤炭产业关联度计算

由于本文研究的是煤炭行业对其他行业的重要性,以及其他行业对煤炭行业的重要性,进而评价出与煤炭相关的重点行业,首先需要分析煤炭产业与其他产业的投入品与产出品为连接纽带的技术经济联系。产业关联公式^[5]如下。

直接消耗系数 a_{ij} 表示生产单位 j 产品所直接消耗的 i 产品数量,公式为

$$a_{ij} = \frac{x_{ij}}{X_j} \quad (1)$$

式中, x_{ij} 为第 j 产业部门生产中所消耗第 i 部门产品数量价值; X_j 为第 j 产业部门的年产品总产出量。

感应度系数 S_i 表示其他部门均增加1个单位最终产品时, i 产业受到的感应程度(利用直接消耗系数计算),公式为

$$S_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}} \quad (2)$$

影响力系数 T_j 表示 j 部门增加1个单位最终使用时对其他部门所产生的需求波及程度(利用直接消耗系数计算),公式为

$$T_j = \sum_{i=1}^n a_{ij} / \left(\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n a_{ij} \right) \quad (3)$$

直接折旧系数 a_{Dj} 表示 j 产业生产单位产品提取的直接折旧费用,公式为

$$a_{Dj} = \frac{D_j}{X_j} \quad (4)$$

式中, D_j 为第 j 产业部门全年提取的折旧基金。

国民收入系数 a_{Nj} 表示 j 产业生产单位产品创造的净产值,公式为

$$a_{Nj} = \frac{N_j}{X_j} \quad (5)$$

式中, N_j 为第 j 产业部门在一年内创造的国民收入。

劳动报酬系数 a_{Vj} 表示 j 产业生产单位产品需支付的劳动报酬量,公式为

$$a_{Vj} = \frac{V_j}{X_j} \quad (6)$$

式中, V_j 为第 j 产业部门劳动者1 a内的劳动报酬。

社会纯收入系数 a_{Mj} 表示 j 产业生产单位产品所提供的社会纯收入量,公式为

$$a_{Mj} = \frac{M_j}{X_j} \quad (7)$$

式中, M_j 为第 j 产业部门劳动者1 a内的纯收入。

中间需求率 G_i 表示其他产业部门对 i 产业产品的中间需求与所有产业对 i 产业产品的总需求之比,公式为

$$G_i = \frac{\sum_{j=1}^n x_{ij}}{\sum_{j=1}^n x_{ij} + Y_i} \quad (8)$$

式中, Y_i 为第 i 产业部门所提供的年最终产品价值。

中间投入率 F_j 表示 j 产业部门在1 a生产过程中的中间投入与总投入之比,公式为

$$F_i = \frac{\sum_{i=1}^n x_{ij}}{\sum_{i=1}^n x_{ij} + D_j + N_j} \quad (9)$$

产业联系广度 S_{ij} 等同于直接消耗系数,即生产单位 j 产品所直接消耗的 i 产品数量,公式为

$$S_{ij} = \frac{x_{ij}}{X_j} \quad (10)$$

产业联系深度 r_{ij} 为生产单位 j 产品在总直接消耗中所占比例,公式为

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^n x_{ij}} \quad (11)$$

2 煤炭产业关联度各指标的因子分析

根据 2012 年的投入产出表与 2014 年中国统计年鉴^[5]、2014 年中国能源统计年鉴^[6] 计算得出煤炭产业的直接消耗系数、感应度系数、影响力系数、直接折旧系数、国民收入系数、劳动报酬系数、社会纯收入系数、中间需求率、中间投入率、产业联系广度、产业联系深度,为了淘汰一些与煤炭联系不紧密甚至无关的产业,需对各指标进行因子分析和聚类分析。

因子分析和聚类分析是用较少个数的公共因子的线性函数和特定因子之和来表达原有观测的每个变量的多元变量统计方法^[7]。经过因子分析后,得出解释的总方差表(表 1)。由表 1 可知,前 3 个因子的特征根值分别为 2.993、2.089、1.011,分别占

总方差的 37.412%、26.117%、12.639%,这 3 个取值大于 1 的特征根的累积方差贡献率达 76.168%,说明这 3 个因子是主因子,基本包含了全部变量的主要信息。

因子旋转后的载荷矩阵见表 2。其中,主因子 1 在国民收入系数、劳动报酬系数上具有较大载荷,可称为增值因子,不考虑利润是否增加,产值和工资随着产品生产量的增加而增加,所以这 2 项是正值;主因子 2 在感应度系数、中间需求率上具有较大载荷,可称为灵敏因子,由于增加本产业产品生产势必增加对其他产业产品的消耗,所以这 2 项是正值;主因子 3 在影响力系数上具有较大载荷,可称为带动因子,因为其他产业产品增产会增加本产业产品的消耗。

表 1 因子分析的总方差分析
Table 1 Total variance analysis of factor analysis

成分	初始特征值			提取平方和载入			旋转平方和载入		
	合计	占方差比例/%	累积占方差比例/%	合计	占方差比例/%	累积占方差比例/%	合计	占方差比例/%	累积占方差比例/%
1	2.993	37.412	37.412	2.993	37.412	37.412	2.870	35.876	35.876
2	2.089	26.117	63.529	2.089	26.117	63.529	2.047	25.584	61.460
3	1.011	12.639	76.168	1.011	12.639	76.168	1.177	14.707	76.167
4	0.957	11.967	88.135						
5	0.833	10.411	98.546						
6	0.064	0.796	99.342						
7	0.052	0.647	99.989						
8	0.001	0.011	100.00						

表 2 因子旋转后的载荷矩阵
Table 2 Loading matrix after factor rotation

主因子	中间投入率	国民收入系数	劳动报酬系数	直接折旧系数	感应度系数	中间需求率	影响力系数	社会纯收入系数
1	-0.972	0.969	0.839	0.490	-0.023	-0.072	-0.027	0.194
2	-0.030	0.017	-0.232	0.029	0.970	0.954	0.170	0.333
3	0.209	-0.189	0.298	-0.33	-0.036	0.017	0.687	-0.652

表 3 列出了采用回归法估计的因子得分系数,根据表 3 可以计算出 3 个因子得分及因子综合得分排名(表 4)。3 个主因子分别从不同方面反映了产业间波及效果,以方差贡献率为权数计算主因子综合得分,再按照分值挑选重点行业。① 增值因素方面:石油和天然气开采产品、林产品、农产品的增产对国民收入、人民收入带动力最大;② 灵敏因素方面:石油和天然气开采产品、黑色金属矿采选产品、有色金属矿采选产品具有原材料性质,其增产与减产依赖于其他产业产品的

增产和减产;③ 带动因素方面:钢压延产品、农产品、精炼石油和核燃料加工品具有终端产品性质,其增产与减产势必会带动其他产业产品的增产和减产。

3 行业聚类结果和节能技术

3.1 聚类分析

聚类的结果将 18 个部门分为 2 个类别:第 1 类为石油和天然气开采产品、林产品、农产品、黑色金属矿采选产品、钢压延产品、有色金属及其合金和铸

表 3 成分得分系数矩阵
Table 3 Component score coefficient matrix

主因子	中间投入率	国民收入系数	劳动报酬系数	直接折旧系数	感应度系数	中间需求率	影响力系数	社会纯收入系数
1	0.100	0.030	0.019	-0.334	0.135	0.335	-0.010	0.348
2	0.157	0.483	0.479	-0.037	0.002	0.032	0.108	-0.047
3	0.650	0.066	0.106	0.045	-0.229	-0.029	-0.539	0.376

表 4 各行业主因子得分及因子综合得分排名
Table 4 All the main factor score and comprehensive score ranking

变量	各因子综合得分 F	排名	特征值为 2.993 的主因子得分 $F1$	特征值为 2.089 的主因子得分 $F2$	特征值为 1.011 的主因子得分 $F3$
石油和天然气开采产品	3.742 242 800	1	1.402 56	2.879 20	-0.691 29
林产品	3.041 117 056	2	2.613 55	1.152 54	1.665 86
农产品	2.822 205 895	3	2.707 63	0.602 80	3.149 72
黑色金属矿采选产品	2.511 813 738	4	0.423 99	1.969 74	0.033 53
钢压延产品	2.395 819 884	5	-0.285 28	1.568 40	3.241 52
有色金属矿采选产品	1.952 169 181	6	0.292 06	1.640 65	-0.838 68
非金属矿采选产品	1.580 789 639	7	-0.556 96	1.098 63	-0.601 13
商务服务	1.524 747 980	8	0.337 41	0.822 57	1.073 91
精炼石油和核燃料加工品	1.495 312 709	9	-0.750 62	1.112 23	2.075 45
钢、铁及其铸件	1.464 531 898	10	-0.565 20	1.203 27	0.992 23
管道运输	1.296 778 707	11	0.688 42	0.572 55	0.331 86
炼焦产品	1.265 307 594	12	0.131 92	0.958 18	-0.470 78
耐火材料制品	1.227 101 604	13	0.301 52	0.795 38	-0.239 23
水泥、石灰和石膏	1.217 929 066	14	-0.271 82	0.974 42	0.184 62
基础化学原料	1.182 005 459	15	-0.766 17	1.104 01	0.533 34
棉、化纤纺织及印染精加工品	1.179 132 807	16	-0.603 41	0.902 08	1.167 22

件、有色金属矿采选产品、非金属矿采选产品、商务服务、精炼石油和核燃料加工品、钢、铁及其铸件、管道运输、炼焦产品、耐火材料制品、水泥、石灰和石膏、基础化学原料、棉、化纤纺织及印染精加工品。第 2 类为开采辅助服务和其他采矿产品、铁路运输，由于其与煤炭采选产品的广度和深度不够大，可以省略分析。

至此，计算出剩下的 16 个行业产品的产业联系广度和产业联系深度，以判定其他产业与煤炭行业的联系程度。表 5 列出了一些与煤相关产业的产业联系广度与产业联系深度，得出与煤炭相关产业的主要节能减排技术及其作用形式、使用方式。重点行业节能包括 3 个途径：一是技术节能，提高使用煤炭过程的技术水平与研发节能技术；二是结构节能，通过寻找能源替代品、改变能源结构提高能效；三是管理节能，通过建立健全管理能源的制度提高能效。

3.2 与煤相关重点产业节能技术使用方式及优势

1) 石油和天然气开采产品可由煤炭采选产品提炼得来，在提炼过程中可脱除煤炭中的硫及无机矿物质等有害物、无用物。煤炭也可以通过甲烷化技术转化为低分子气态物质，这些煤制油、煤制气的使用方式是应用于钢铁、机械、建材、轻纺等部门，属于节能减排的高附加值煤炭产品，优势是原料丰富、技术简单、清洁高效^[8]。由煤炭采选产品对石油和天然气开采产品的产业联系深度值 0.006 62 可知，煤炭对石油和天然气有较强的替代作用。

2) 林产品加工过程中的许多废料、边角料可用于小型工业锅炉替代煤炭。林产品废料 CO₂ 排放量低，烟气中硫氧化物含量少，可避免硫酸、亚硫酸对锅炉的腐蚀^[9]。优势是排放少、腐蚀低、成本低。由煤炭采选产品对林产品的产业联系广度值 0.004 48 可知，林产品对煤炭采选产品有较强的替代作用。

表 5 与煤炭相关产业的产业联系广度与产业联系深度

Table 5 Industry contact depth and breadth of industries associated with coal

部门	石油和天然气 开采产品	林产品	农产品	黑色金属矿 采选产品	钢压延产品	有色金属矿 采选产品	非金属矿 采选产品	商务服务
联系广度	0.000 52	0.004 48	0	0.001 55	0.017 60	0	0.000 77	0.013 76
联系深度	0.006 62	0.000 89	0.000 10	0.009 32	0.044 93	0.010 80	0.000 14	0
部门	精炼石油和 核燃料加工品	钢、铁及 其铸件	管道运输	炼焦产品	耐火材 料制品	水泥、石灰 和石膏	基础化 学原料	棉、化纤纺织及 印染精加工品
联系广度	0.004 24	0.004 44	0.007 01	0.000 21	0.000 22	0.003 50	0.000 82	0.000 46
联系深度	0.004 75	0.050 06	0.001 25	0.635 45	0.063 57	0.102 80	0.056 90	0.004 18

3)生产农产品的化肥可由煤炭产品得到。但在煤化工生产尿素的过程中,降低尿素装置消耗的方法是提高合成塔的转化率^[10],优势是增加产量,减少废水、废气排放。由煤炭采选产品对农产品的产业联系深度值 0.000 10 可知,农产品对煤炭产品存在间接消耗。

4)高碳粉煤灰微波还原钢渣,大量难以利用的炭黑对微波吸收能力强,可对钢渣进行还原,是一种以废治废的新途径,对钢渣还原回收利用的节能方法^[11],优势是提高经济效益,充分利用废物。由煤炭采选产品对黑色金属矿采选产品的产业联系深度值 0.009 32 可知,黑色金属矿采选产品对煤炭采选产品存在较强的直接消耗。

5)使用超高铬稀土钢球进行磨煤,可降低钢球的消耗,增加钢球的破碎力,降低钢球装载量,降低磨煤机电耗,优化煤粉细度,优势是提高锅炉效率,降低电厂耗能。由煤炭采选产品与钢压延产品的产业联系广度值 0.017 60 可知,煤炭采选产品对钢压延产品存在较强的直接消耗。采用高效蓄热式加热炉技术轧钢,优点是可利用低热值的高炉煤气,加热到 1 100 ℃ 以上,可实现节能 30% ~ 50%,炉子热效率可达 70%,优势是降低成本、节能减排。由煤炭采选产品与钢压延产品的产业联系深度值 0.044 93 可知,钢压延产品对煤炭采选产品有明显的直接消耗。

6)以煤冶炼有色金属的节能技术首先是冶炼烟气余热回收技术。一是余热锅炉,通过吸取一定热量后产生热水或蒸汽的换热设备。二是气热交换器和气液热交换器,企业通过安装空气预热器来回收工业炉中的余热,这也是最简单有效的回收余热的方法,起到最直接节约煤炭资源的目的。优势是降低排烟温度,减轻热污染,减少 NO_x 和 SO_x 的排

放。由煤炭采选产品对有色金属矿采选产品的产业联系深度值 0.010 80 可知,有色金属矿采选产品对煤炭采选产品存在明显的直接消耗。

7)非金属矿物钙、镁盐可以吸收燃煤产生的 CO、CO₂、SO₂ 等有害气体。黏土矿物还可以处理燃煤产生的废水、固体废弃物^[12],作为有害物质吸收剂使用,优势是原料易得、成本低廉。由煤炭采选产品对非金属矿采选产品的产业联系广度值 0.000 77 可知,非金属矿采选产品对煤炭采选产品具有较强的替代作用。

8)服务于煤炭采选的商务服务首推合同能源管理服务,节能服务公司的利润从改造煤炭开采分选后的节能效益中获取。优势是煤炭企业与合同管理企业双赢,促进节能减排。由煤炭采选产品对商务服务的产业联系广度值 0.013 76 可知,煤炭采选产品对商务服务具有明显的消耗作用。

9)由煤炭采选产品对精炼石油的产业联系广度值 0.004 24 和产业联系深度值 0.004 75 可知,精炼石油与煤炭采选产品可以相互替代,如沥青生产的优势是用炼焦煤炭生产沥青比用精炼石油生产沥青更为清洁,价格低廉,补充了石油缺口,回收余热,提高热效率。

10)钢铁铸造加工主要使用焦炭。采用脱湿送风法在冲天炉内熔化焦炭,提高了焦炭使用率,焦炭用量降低到 83%^[13],优势是减少粉尘、噪声、能耗。由煤炭采选产品对钢、铁及其铸件的产业联系深度值 0.050 06 可知,钢、铁及其铸件对煤炭采选产品存在明显的间接消耗。

11)管道输煤是一种节能的运煤方式,将煤矿石在泵驳机内加工成煤水混合浆体,再将煤浆制成粉煤。优势是运量大、占地少、建设周期短、费用低、连续性强、耗能少、效益好。由煤炭采选产品对管道

运输的产业联系广度值 0.007 01 可知,煤炭采选产品对管道运输有明显的消耗作用。

12)炼焦产品主要来源于煤炭,节能技术有捣固炼焦技术、煤预热炼焦技术、干熄焦技术等。捣固炼焦可以减少煤粒间空隙,增大煤料的堆密度。煤预热炼焦可提高炼焦煤源的堆密度,改善焦炭质量,提高焦炉生产能力 20% ~ 25%,比传统湿煤炼焦能耗降低 4%,去除了平煤时带出的烟尘,优势是提高煤质、减少污染、方便使用。由煤炭采选产品对炼焦产品的产业联系深度值 0.635 45 可知,炼焦产品对煤炭采选产品有明显的直接消耗。

13)以富氧煤气为燃料煅烧耐火材料,提高了炉窑的热效率,提高了煅烧耐火材料的温度,优势是提高热效率、节约煤炭、减少排放。由煤炭采选产品对耐火材料的产业联系深度值 0.063 57 可知,耐火材料对煤炭产品存在明显的直接消耗。

14)可燃性废弃物替代水泥窑燃料技术;水泥窑中低温余热发电技术以煤炭煅烧水泥时有 350 ℃ 废气排出,可用余热发电技术将这部分热量回收发电,优势是充分利用废物、节约煤炭、减少废气排放。由煤炭采选产品对水泥、石灰和石膏的产业联系深度值 0.102 80 可知,水泥、石灰和石膏对煤炭产品存在明显的直接消耗。

15)将变频调速技术应用于煤化工的泵类和风机类设备中,提高了工艺控制效率与控制精度,节省了生产成本,增加利润^[14],优势是提高了碳转化率,合成气技术化学稳定性与热稳定性好,调速器精度高,安装简单。由煤炭采选产品对基础化学原料的产业联系深度值 0.056 90 可知,基础化学原料对煤炭产品存在明显的直接消耗。

16)纺织业需要煤炭燃烧的蒸汽,这些蒸汽余热可继续用来发电。由煤炭采选产品对棉、化纤纺织及印染精加工品的产业联系深度值 0.004 18 可知,棉、化纤纺织及印染精加工品对煤炭采选产品有明显的直接消耗。

4 重点行业煤炭利用节能优劣分析

我国能源以煤为主的现状为节能与环保带来了许多管理难题、技术难题,但世界绿色节能产业的发展为我国产业调整升级提供了机会。国家利用财税手段支持研发与推广节能技术,并且建立了相关的法律法规。考虑重点行业发展的优势、劣势、机会和威胁等因素,建立了优劣机威分析模型,以对重点行业使用煤炭中的节能问题进行系统探讨。重点行业使用煤炭节能问题的优劣机威分析结果见表 6。

表 6 重点行业使用煤炭节能问题的优劣机威分析
Table 6 SWOT analysis of coal energy saving problem in the key industries

外部条件	内部能力	
	优势 (Strength)	劣势 (Weakness)
	已形成规模产业群;“十一五”期间重点行业初步形成技术基础;节能技术的应用为企业带来了丰厚效益,提高节能意识	能效与世界平均水平差距较大;装备落后,利用煤炭效率低;产业聚集地缺乏节能园区规划,能源利用效率不高
机会 (Opportunities)	优势与机会策略 (SO)	劣势与机会策略 (WO)
世界产业的转移为重点产业升级提供了机会;政府支持推广节能技术;低碳时代来临带来了节能新技术;国外成熟的煤炭节能技术可以引用	推广节能技术要依赖财政、税收等政策的扶植;利用世界产业转移的有利条件,升级产业结构;发挥节能技术优势,提高企业效益;积极吸收、消化国外煤炭利用的节能技术	提高节能关键技术的研发水平;提高重点产业的节能水平;调动投资者的积极性并达成合作共识;对产业园区进行统一规划,创造煤炭利用的节能条件
威胁 (Threats)	优势与威胁策略 (ST)	劣势与威胁策略 (WT)
“十一五”结束,重点行业的节能空间变窄;节能技术向纵深发展;“十二五”进一步提高了节能要求;2015 年非化石能源的消费比例达 11.4%;重点行业以煤为主的消费情况,将带来环保技术和管理压力,企业规模扩大受节能减排限制,面临排放超标被处罚的风险	加强评估和监督节能;结合行业特点,研发特色洁净煤技术;借政府扶植培训企业;发挥资源利用的优势,提高能效;吸收国外先进技术;加强培养专业技术人才	加大研发投入以解决关键技术难题,提高竞争力,降低成本;加强政策扶植,吸引投资;政府引导促进区能量利用,扩张技术应用规模

5 重点行业使用煤炭的节能技术生命周期

结合生命周期分析法,从市场需求、产业目标、

120

研发需求、技术壁垒 4 方面列出了 6 个重点行业在生命周期不同阶段使用煤炭过程中的节能技术方向,具体见表 7。

表 7 6 个重点行业在生命周期不同阶段使用煤炭的节能技术方向

Table 7 Coal energy saving technology direction of six key industries in the different stages of life cycle

行业	发展方面	5 a 内	10 a 内	20 a 内
石化行业	市场需求	需节约煤炭资源,降低成本		
	产业目标	石油提炼对于氢的需求由轻质原油需求增长引发		
	研发需求	推广煤和天然气、生物质等资源的共气化制备氢气等技术,弥补石油提炼氢气来源的不足		
钢铁行业	市场需求	煤制氢节能技术的应用降低了石化行业的成本		
	产业目标	研发煤制合成气成套技术		
	研发需求	研发煤炭与天然气共气化技术		
有色金属行业	市场需求	推广干熄焦技术、高炉炉顶煤气压差发电等节能技术		
	产业目标	利用钢厂制造流程能量系统与二次能源回收及梯级利用		
	研发需求	优化管理与高效利用钢厂能源介质		
化工行业	市场需求	提高二次能源回收效率		
	产业目标	预测与调控钢厂能源需求		
	研发需求	仿真钢厂能量网络模型		
建材行业	市场需求	极限回收二次能源新技术及设备、转炉煤气技术		
	产业目标	平衡、优化和分配钢厂能源分配		
	研发需求			
纺织行业	市场需求	烟气余热利用和强化传热技术		
	产业目标	低温余热回收技术等能量梯级利用技术		
	研发需求	降低能耗和成本,发展循环经济		
其他行业	市场需求	能量网络仿真与模拟技术		
	产业目标	能量平衡与优化技术		
	研发需求	低温余热回收技术		
其他行业	市场需求	低温余热回收技术		
	产业目标	发展煤制油、煤制天然气和煤制烯烃		
	研发需求	煤的分级利用技术和多联产技术		
其他行业	市场需求	发展循环经济,降低能耗和成本		
	产业目标	跨行业联产,高效节能		
	研发需求	开发大型化煤矿分级利用技术		
其他行业	市场需求	先进的高温除尘与脱硫技术		
	产业目标	开发廉价催化剂与合成设备		
	研发需求	CO ₂ 捕集与大型化煤矿分级利用		
其他行业	市场需求	大型化装置,高温除尘与脱硫技术		
	产业目标	开发合成催化剂		
	研发需求			
其他行业	市场需求	垃圾混烧代煤技术与纯低温余热发电技术		
	产业目标	提高新型干法水泥生产线发电能力		
	研发需求	增加新型干法水泥垃圾混烧代煤比例		
其他行业	市场需求	水泥窑余热高发电能力技术		
	产业目标	研发垃圾混烧代煤技术		
	研发需求			
其他行业	市场需求	降低能源成本		
	产业目标	垃圾焚烧厂和水泥厂结合设备与新型干法水泥窑余热发电技术		
	研发需求	成熟配套技术设备		
其他行业	市场需求	发展高效节能技术		
	产业目标	满足国民经济发展需要		
	研发需求	开发知识产权以降低能耗		
其他行业	市场需求	余热回收技术等节能技术		
	产业目标	优化的能量利用系统		
	研发需求	行业化煤炭综合利用		
其他行业	市场需求	大型化和智能化设备		
	产业目标			
	研发需求			

6 结 语

以节能减排为目标,运用优劣机威分析和生命周期研究方法,对我国 6 大重点行业使用煤炭过程进行分析,强调了重点行业使用煤炭过程中节能的重要作用。6 大重点行业消耗煤炭比例占有工业用煤的 1/3,应进行重点节能。6 大重点行业包括 4 个主要的节能技术方向:煤天然气共气化制备合成气及煤气化技术、高效转换二次能源技术、高效喷吹塑料及喷煤技术、窑炉替代燃料混烧代煤技术。最后提出应重视技术节能、结构节能和管理节能的平衡发展。

参考文献(References):

[1] 付欣欣. 对我国煤炭产业关联度的分析及建议[J]. 现代营销(学苑版),2012(4):226-227.

[2] 高文静,赵国浩. 我国煤炭相关产业价格影响机制研究:基于投入产出模型的实证分析[J]. 中国市场,2010(45):161-163.

[3] 刘 丹. 陕西省煤炭产业关联度分析[J]. 商,2015(21):249.

[4] 苏东水. 产业经济学[M]. 北京:高等教育出版社,2005.

[5] 国家统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京:中国统计出版社,2015.

[6] 国家统计局. 中国能源统计年鉴[M]. 北京:中国统计出版社,2013.

- 20-25.
- Zhang Youguo. Energy consumption analysis and thinking of coal chemical products[J]. Shanghai Energy Conservation, 2009(9):20-25.
- [3] 房庆圆. 对现代煤化工意义及发展分析[J]. 中国化工贸易, 2013, 5(7):399-400.
- Fang Qingyuan. Analysis on the significance and development of modern coal chemical industry[J]. China Chemical Trade, 2013, 5(7):399-400.
- [4] 周忠科, 王立杰. 我国煤基清洁能源发展潜力及趋势[J]. 中国煤炭, 2011, 37(5):24-27.
- Zhou Zhongke, Wang Lijie. Development potential and trend of coal based clean energy in China[J]. China Coal, 2011, 37(5):24-27.
- [5] 苗强. 煤直接液化残渣萃取技术现状及发展趋势[J]. 洁净煤技术, 2015, 21(1):56-60.
- Miao Qiang. Present situation and development trend of extraction technology of coal direct liquefaction residue[J]. Clean Coal Technology, 2015, 21(1):56-60.
- [6] 刘弓, 张亚秦, 王邓军. 甲醇制烯烃技术产业化发展[J]. 洁净煤技术, 2016, 22(5):100-102, 107.
- Liu Gong, Zhang Yaqin, Wang Dengjun. Methanol to olefins technology industrialization development[J]. Clean Coal Technology, 2016, 22(5):100-102, 107.
- [7] 梁龙虎. 煤化工产业高效节能之路[J]. 中国煤炭, 2009, 35(5):5-9.
- Liang Longhu. High efficiency and energy saving of coal chemical industry[J]. China Coal, 2009, 35(5):5-9.
- [8] 王雷石, 段书武. 现代煤化工产业能耗状况与节能对策研究[J]. 洁净煤技术, 2012, 18(4):1-3.
- Wang Leishi, Duan Shuwu. Research on energy consumption status and energy saving strategy of modern coal chemical industry[J]. Clean Coal Technology, 2012, 18(4):1-3.
- [9] 孙凯蒂, 解强, 霍卫东. 煤化工系统能效评价方法的进展研究[J]. 中国煤炭, 2013, 39(8):124-129.
- Sun Kaidi, Xie Qiang, Huo Weidong. Research on the development of energy efficiency evaluation method in coal chemical industry[J]. China Coal, 2013, 39(8):124-129.
- [10] 何小荣, 李初福, 陈丙珍, 等. 石化企业生产计划图形建模优化系统[J]. 计算机与应用化学, 2006, 23(1):1-8.
- He Xiaorong, Li Chufu, Chen Bingzhen, et al. Graphical modeling optimization system for petrochemical enterprise production planning[J]. Computers and Applied Chemistry, 2006, 23(1):1-8.
- [11] 李初福, 何小荣, 张秋怡, 等. 石化企业图形化生产计划优化系统的开发及其应用[J]. 石油炼制与化工, 2005, 36(10):45-48.
- Li Chufu, He Xiaorong, Zhang Qiuyi, et al. Development and application of graphical production planning optimization system for petrochemical enterprises[J]. Petroleum Processing and Petrochemicals, 2005, 36(10):45-48.
- [12] 李德芳, 蒋白桦, 索寒生, 等. 石化企业能源优化系统设计与应用[J]. 化工学报, 2016, 67(1):285-293.
- Li Defang, Jiang Baihua, Suo Hansheng, et al. Design and application of energy optimization system in petrochemical enterprises[J]. Journal of Chemical Industry and Engineering (China), 2016, 67(1):285-293.
- [13] 朱沛沛, 李嘉乐, 赵红珠, 等. 计算机模拟在化工设计中的应用研究进展[J]. 精细与专用化学品, 2012, 20(9):45-48.
- Zhu Peipei, Li Jiale, Zhao Hongzhu, et al. Research progress on application of computer simulation in chemical engineering design[J]. Fine and Specialty Chemicals, 2012, 20(9):45-48.
- [14] 金泽华, 胡瑞生, 龚雪, 等. 现代煤化工能源消耗限额标准体系分析[J]. 洁净煤技术, 2016, 22(2):114-118.
- Jin Zehua, Hu Ruisheng, Gong Xue, et al. Analysis on standard system of energy consumption quota for modern coal chemical industry[J]. Clean Coal Technology, 2016, 22(2):114-118.

(上接第121页)

- [7] 杨昆, 王永胜, 刘翠玲, 等. 基于因子分析法的动力煤品质评价和配煤方案[J]. 煤炭加工与综合利用, 2015(11):61-64.
- Yang Kun, Wang Yongsheng, Liu Cuiling, et al. The coal quality evaluation and the clean coal blending scheme based on the method of factor analysis[J]. Coal Processing & Comprehensive Utilization, 2015(11):61-64.
- [8] 胡社荣. 煤造石油与煤成油理论关系研究进展综述[J]. 地质科技情报, 1999(4):71-73.
- Hu Sherong. Over view of some advances in research on relationship between coal liquefaction and theory of oil from coal[J]. Geological Science and Technology Information, 1999(4):71-73.
- [9] 李昱, 胡建飞. 以林产品废料代煤作为锅炉燃料初探[J]. 中国人造板, 2006, 13(9):18-20.
- Li Yu, Hu Jianfei. The preliminary study on using forest products wastes as fuel instead of coal for boiler[J]. China Wood-based Panels, 2006, 13(9):18-20.
- [10] 关卫龙. 基于煤化工企业尿素生产过程的节能和降耗研究[J]. 山东工业技术, 2015(14):56.
- Guan Weilong. Research on energy saving and consumption reduction based on urea production process of coal chemical industry[J]. Shandong Industrial Technology, 2015(14):56.
- [11] 卫智毅, 陈宇红, 蒋亮, 等. 高碳粉煤灰微波还原原钢渣实验研究[J]. 硅酸盐通报, 2016(4):1062-1066.
- Wei Zhiyi, Chen Yuhong, Jiang Liang, et al. Experimental research on microwave reduction of slag by high-carbon fly-ash[J]. Bulletin of the Chinese Ceramic Society, 2016(4):1062-1066.
- [12] 万朴. 非金属矿物材料在低碳经济进程中的定位与持续发展[J]. 中国非金属矿工业导刊, 2010(2):117-122.
- [13] 虞和洵. 铸造生产的节能问题[J]. 铸造, 1981(4):44-47, 10.
- [14] 高兆益. 变频调速节能技术在煤化工企业中的应用[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2012(2):55, 73.