

引用格式:冯家俊,唐 帅,吴立军,等.基于主成分与层次分析法的焦煤质量综合评价研究[J].煤化工,2023,51(1):31-35.

基于主成分与层次分析法的焦煤质量综合评价研究

冯家俊¹,唐 帅²,吴立军¹,吴成林²,宋 巧¹,徐秀丽²,何 成¹

(1.中信特钢铜陵泰富特种材料有限公司,安徽 铜陵 244100;

2.中钢集团鞍山热能研究院有限公司,辽宁 鞍山 114044)

摘 要 针对焦煤性能评价指标的不足,提出了一种基于主成分分析与层次分析耦合的焦煤单项性能与综合性能的评价方法。该方法综合考虑了焦煤的工艺性能指标与化学成分指标,研究了体现焦煤性能差异的关键特性指标与焦煤不同指标的相关性关系。主成分分析结果可知:14 项工艺性能指标可提取热态性能、结焦性能、黏结性能 3 个主成分指标,并得出 24 种焦煤这 3 种性能的分值;层次分析结果可知:该方法可对焦煤的热态性能、结焦性能、黏结性能、硫分性能、灰分性能 5 个单项性能指标进行科学权重赋值,并得出客观、量化的综合性能分值。

关键词 焦煤质量;工艺性能指标;化学成分指标;主成分分析;层次分析;综合性能评价

文章编号:1005-9598(2023)-01-0031-05 中图分类号:TQ520 文献标识码:A

中信特钢铜陵泰富特种材料有限公司(简称铜陵特材)焦化生产应用的焦煤品种较多,且不同种焦煤间存在一定的性能差异。焦煤作为焦化生产中的主力煤种,其性能的准确评价对焦炭质量稳定与煤源采购优化意义重大。实际生产中,大部分企业会利用几种具有特征性的指标对焦煤进行定性评价,这种方式可简单高效地指导焦煤的评价与应用,但也存在较大问题:一是几种焦煤指标不能完整的代表焦煤性能,对部分煤种的评价存在片面性,不能代表其真实的性能特点;二是人为定性的判别方式难以对不同炼焦性能进行准确比较,缺乏科学、理性、客观的评价理论支撑;三是无法对焦煤性能进行量化的综合评价,不利于对其进一步价值评估。

针对焦煤评价中存在的不足,本文对焦煤的评价中全面考虑了其基本化学性质与工艺性质指标^[1],参照相关领域技术成果,采用主成分分析法 PCA^[2]与层次分析法 AHP^[3-4]耦合的方法对焦煤的性能指标进行处理,具体包括:(1)主成分提取。通过主成分提取得出反映焦煤工艺性质的特征指标(热态性能、结焦性能、黏结性能)。(2)综合评价建模。工艺性质的新指标将结合焦煤化学性质指标(灰分性能、硫分性能),

运用运筹学中决策分析的知识搭建反映其真实性能贡献的综合评价模型。此方法不仅解决了焦煤量化评价的问题,同时还可拓展到其他炼焦煤种的分析中,有助于企业建立全面、客观、动态的焦煤质量评价体系。

1 原料与方法

1.1 原料

选取铜陵特材常用的 24 种焦煤作为研究对象,并依次编号为 X1、X2……X24。

1.2 检测方法

按照 GB/T 212—2008《煤的工业分析方法》、GB/T 214—2007《煤中全硫的测定方法》对样品进行工业分析与全硫分析,按照 GB/T 5447—2014《烟煤黏结指数测定方法》对样品进行黏结指数分析,按照 GB/T 479—2016《烟煤胶质层指数测定方法》对样品进行胶质层指数分析,按照 GB/T 6948—2008《煤的镜质体反射率显微镜测定方法》对样品进行煤岩反射率分析,按照 GB/T 25213—2010《煤的塑性测定 恒力矩吉氏塑性仪法》对样品进行塑性温度区间与最大流动度分析,参照 MT/T 1181—2019《炼焦煤炼焦试验方法》进

收稿日期:2022-10-06

作者简介:冯家俊(1988—),男,汉族,安徽铜陵,工程师,学士,2010 年本科毕业于安徽工业大学化学工程与工艺专业,现从事焦化生产技术质量方面的工作,E-mail:fengjiajun@citicsteel.com。

DOI:10.19889/j.cnki.10059598.2023.01.008

行单种煤炼焦试验,按照 GB/T 2006—2008《焦炭机械强度的测定方法》、GB/T 4000—2017《焦炭反应性及反应后强度试验方法》对样品进行焦炭机械强度、热性质分析。

1.3 数据处理方法

利用 WPS Office 与 Pycharm (配置 Anaconda 环境)对数据进行变异系数分析、相关性分析、标准化、主成分分析及层次分析,构建焦煤单项性能与综合性评价模型。

2 结果与分析

2.1 不同焦煤的性能指标描述统计与相关性分析

24 种焦煤的 16 种性能指标描述统计结果见表 1 A1、A2…A16 依次对应焦煤的 16 种指标 [灰分 A_d 、挥发分 V_{daf} 、硫分 $S_{t,d}$ 、黏结指数 G 、胶质层厚度 Y 、塑

性温度区间 Δt 、基氏流动度 α_{max} 对数值、全膨胀率 TD、镜质组平均最大反射率 \bar{R}_{max} 、反射率分布(肥煤) 0.9%~1.2%、反射率分布(焦煤) 1.2%~1.5%、焦炭抗碎强度 M_{40} 、焦炭耐磨强度 M_{10} 、焦炭大块率(>40 mm)、焦炭反应性 CRI、焦炭反应后强度 CSR],引入变异系数^[5]对 16 种性能指标在不同焦煤的差异进行分析。由表 1 可知,变异系数较小的指标主要为 A_d (5.86%)、 V_{daf} (8.85%)、 G (6.97%)、 \bar{R}_{max} (6.38%)、 M_{40} (2.15%)、大块率(5.23%)、CSR(7.45%),变异系数较大的指标主要为 $S_{t,d}$ (55.16%)、TD(96.42%)、反射率分布 0.9%~1.2%(75.84%)、反射率分布 1.2%~1.5%(35.34%)、基氏流动度指标[塑性温度区间 Δt (17.66%)、基氏流动度 α_{max} 对数值(29.05%)] ,变异系数较小的指标多为焦煤常用的评价指标,变异系数较大的指标多为焦煤评价中较少关注的指标,因此,需要将二者重新有机结合,以对焦煤进行科学评价。

表 1 焦煤性能指标的统计结果

样本	A1 /%	A2 /%	A3 /%	A4 /%	A5 /mm	A6 /℃	A7 /ddpm	A8 /%	A9 /%	A10 /%	A11 /%	A12 /%	A13 /%	A14 /%	A15 /%	A16 /%
X1	11.00	24.08	0.54	93	18.0	85	2.931	72.4	1.385	15.49	77.29	90.70	4.33	90.79	18.20	74.22
X2	10.71	24.78	0.44	91	24.0	92	3.369	86.7	1.296	42.34	53.57	91.16	5.58	92.01	19.11	72.85
X3	10.73	23.86	0.52	91	21.0	96	3.527	89.9	1.402	15.57	65.79	89.71	4.49	88.90	23.64	69.11
X4	9.64	23.26	0.45	88	15.0	78	2.645	49.6	1.340	32.78	64.06	87.50	5.06	89.29	21.71	72.72
X5	10.40	24.07	0.47	86	15.0	66	2.134	44.9	1.327	29.15	70.85	91.62	5.83	92.69	27.27	65.73
X6	10.06	21.12	0.50	80	13.5	53	1.255	39.6	1.501	2.97	74.31	91.04	5.36	93.34	23.94	63.07
X7	9.00	25.50	0.52	88	19.0	92	2.290	102.1	1.206	45.09	54.34	85.53	6.64	77.48	24.69	68.06
X8	10.30	21.66	0.40	83	17.0	57	1.490	38.3	1.407	4.39	91.07	89.71	5.32	81.37	24.88	65.69
X9	10.85	23.65	1.29	78	17.0	77	2.479	9.6	1.401	20.15	68.22	88.80	5.82	90.79	23.96	68.56
X10	10.30	22.00	1.30	85	16.0	84	2.710	26.7	1.417	20.31	42.89	91.08	4.96	91.42	23.44	69.77
X11	10.38	23.86	1.39	82	15.0	75	2.343	29.0	1.313	33.73	42.63	91.95	4.81	94.98	21.98	70.22
X12	9.50	21.50	1.60	80	14.0	50	1.255	23.9	1.404	28.00	41.84	88.05	7.66	90.29	23.28	69.08
X13	9.96	23.94	1.45	84	17.5	72	1.973	22.8	1.412	24.92	39.04	88.54	5.72	80.00	22.99	70.47
X14	10.00	21.00	2.00	82	15.0	71	2.107	29.9	1.316	36.61	42.27	90.32	4.68	91.35	23.65	69.22
X15	10.00	24.00	2.00	85	17.0	74	2.176	35.0	1.358	16.93	47.03	90.87	5.14	90.78	23.86	68.93
X16	10.00	20.00	2.00	80	16.5	59	1.763	33.9	1.348	31.23	49.2	88.86	5.72	90.75	22.24	70.76
X17	9.58	20.78	2.40	80	15.5	70	1.875	18.6	1.485	6.48	65.1	90.24	5.28	94.37	23.79	64.66
X18	9.75	23.54	1.92	72	13.5	74	1.756	14.9	1.241	29.82	36.38	90.12	8.38	93.55	31.72	53.10
X19	10.77	24.32	1.28	78	14.5	77	2.385	36.0	1.374	30.01	37.4	90.81	5.17	91.41	27.10	60.30
X20	11.16	25.88	1.60	85	15.5	72	2.244	15.0	1.228	66.6	33.4	90.47	4.32	92.39	29.98	60.68
X21	10.82	19.59	1.05	73	10.5	53	1.061	12.7	1.498	11.88	60.74	89.70	4.57	92.05	24.45	62.80
X22	11.27	27.52	0.88	96	19.5	82	2.826	215.6	1.207	88.26	11.74	84.66	5.22	90.00	26.64	58.91
X23	9.60	20.98	2.76	86	16.0	65	2.180	35.6	1.474	0.39	94.71	86.02	6.24	81.78	23.56	67.47
X24	9.56	20.46	1.96	82	12.0	59	1.544	15.6	1.427	6.84	77.36	89.86	5.99	93.31	25.71	66.47
平均值	10.22	22.97	1.28	83.65	16.15	72.17	2.18	45.75	1.37	26.66	55.88	89.47	5.51	89.80	24.24	66.79
标准差	0.60	2.03	0.71	5.83	2.86	12.74	0.63	44.11	0.09	20.22	19.75	1.92	0.98	4.70	2.93	4.97
变异系数 /%	5.86	8.85	55.16	6.97	17.74	17.66	29.05	96.42	6.38	75.84	35.34	2.15	17.77	5.23	12.10	7.45

采用 Pearson 相关系数^[6]对 24 种焦煤 16 种指标的相关性进行分析,结果见表 2。结合表 2 和配煤炼焦基础理论分析可知, A_d 、 $S_{t,d}$ 与其他焦煤指标间无科学的显著性相关关系,此二者代表焦煤的化学成分指标,其余 14 种则代表焦煤的工艺性能指标。在工艺性能指标中, V_{daf} 与代表焦煤黏结性指标的 G 、 Y 、 Δt 、 α_{max} 对数值、TD 及反射率分布 0.9%~1.2%呈极显著正相

关(显著性水平检验值 $P < 0.01$),与代表焦煤变质程度的 \bar{R}_{max} 呈极显著负相关($P < 0.01$);焦煤黏结性指标间呈极显著($P < 0.01$)与显著($P < 0.05$)的正相关;焦煤焦炭 M_{40} 与大块率、TD 呈极显著正相关($P < 0.01$);焦煤焦炭 CSR 与 CRI 呈极显著负相关,与 G 呈显著正相关($P < 0.05$)。

表 2 焦煤指标的相关性分析

指标	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16
A1	1.000															
A2	0.420	1.000														
A3	-0.352	-0.405	1.000													
A4	0.245	0.576	-0.418	1.000												
A5	0.250	0.576	-0.363	0.734	1.000											
A6	0.246	0.688	-0.322	0.600	0.737	1.000										
A7	0.414	0.633	-0.327	0.726	0.783	0.914	1.000									
A8	0.293	0.616	-0.445	0.753	0.613	0.503	0.526	1.000								
A9	-0.132	-0.745	0.181	-0.339	-0.375	-0.494	-0.383	-0.483	1.000							
A10	0.361	0.730	-0.173	0.395	0.337	0.383	0.362	0.603	-0.853	1.000						
A11	-0.235	-0.494	-0.110	-0.011	-0.091	-0.251	-0.154	-0.294	0.607	-0.779	1.000					
A12	0.259	-0.191	-0.050	-0.306	-0.190	-0.078	-0.030	-0.529	0.221	-0.329	0.084	1.000				
A13	-0.589	-0.071	0.251	-0.363	-0.145	-0.222	-0.358	-0.119	-0.161	-0.044	-0.054	-0.306	1.000			
A14	0.338	-0.129	0.132	-0.273	-0.331	-0.130	-0.016	-0.203	0.052	0.051	-0.222	0.619	-0.177	1.000		
A15	0.023	0.190	0.218	-0.396	-0.398	-0.184	-0.314	-0.100	-0.335	0.273	-0.314	-0.041	0.345	0.106	1.000	
A16	-0.142	-0.138	-0.171	0.425	0.387	0.222	0.349	-0.043	0.205	-0.232	0.314	0.055	-0.306	-0.209	-0.888	1.000

2.2 不同性能的主成分降维分析

选取 24 种焦煤的工艺性能指标(14 种),并对其数据进行标准化处理^[7]。采用主成分分析法 PCA 对 24 个焦煤样本的 14 种性能指标进行降维处理:可利用几个主成分替代原有较多性能指标,生成的主成分将最大可能的代表原来的变量信息,且主成分间不相关。计算时首先将原始的 14 种焦煤性能指标进行标准化处理 $[z\text{-score } Z_{it} = \frac{x_{it} - \bar{x}_i}{\sqrt{\text{var}(x_i)}}]$ ($i=1,2,\dots,14$; $j=1,2,\dots,24$),完成数据的无量纲化处理,然后构建样本的相关系数矩阵 $R=[r_{ij}]_{14 \times 14}$,进而采用雅克比法求出 R 的特征值 λ 和对应的特征向量 a_i ,得出方差贡献率 $\delta = \frac{\lambda_i}{\sum_{i=1}^{14} \lambda_i}$ 与累计方差贡献率 $\sum_{i=1}^{14} \delta_i$;最终,取特征值 $\lambda > 1$ 为主成分(单项性能),得出各参数的权重 $w_i = \frac{\delta_i}{\sum_{i=1}^{14} \delta_i} \times 100\%$ 。上述分析中: Z_{it} 表示某个样本某指标的标准化值, x_{it} 表示 24 个样本的某指标值, \bar{x}_i 表示 24 个样本某指标的平均值。

24 种焦煤 14 种指标的主成分分析结果见表 3。

表 3 24 种焦煤 14 种指标的主成分分析结果

指标	主成分		
	1	2	3
挥发分 V_{daf}	0.851	-0.296	0.092
黏结指数 G	0.814	0.383	-0.090
胶质层厚度 Y	0.812	0.354	-0.076
塑性温度区间 Δt	0.824	0.171	0.190
基氏流动度 α_{max} 对数值	0.824	0.323	0.272
全膨胀率 TD	0.807	-0.060	-0.222
镜质组平均最大反射率 \bar{R}_{max}	-0.704	0.536	-0.042
反射率分布(肥煤)0.9%~1.2%	0.727	-0.550	0.096
反射率分布(焦煤)1.2%~1.5%	-0.429	0.633	-0.275
焦炭抗碎强度 M_{40}	-0.348	0.147	0.820
焦炭耐磨强度 M_{10}	-0.198	-0.442	-0.523
焦炭大块率(>40 mm)	-0.225	-0.198	0.815
焦炭反应性 CRI	-0.139	-0.871	-0.017
焦炭反应后强度 CSR	0.164	0.849	-0.001
特征值	5.523	3.223	1.878
贡献率 /%	39.450	23.025	13.417
累计贡献率 /%	39.450	62.475	75.892

由表 3 可知:利用主成分分析法对 24 种焦煤的 14 种指标进行降维处理,并将 14 种指标转化为 3 个综合指标即主成分,3 个主成分的特征值均大于 1,且累计贡献率达到了 75%以上。第 1 主成分主要为代表焦煤黏结性的 G 、 Y 、 Δt 、 α_{\max} 对数值、TD 及反射率分布 0.9%~1.2% 指标及代表焦煤煤化程度的 V_{daf} 、 \bar{R}_{\max} 指标,即第 1 主成分可作焦煤黏结性能;第 2 主成分主要为代表焦煤热性质的 CRI、CSR 指标及代表焦煤变质程度的 \bar{R}_{\max} 与焦煤组分含量的反射率分布 1.2%~1.5% 指标,即第 2 主成分可作焦煤的热态性能;第 3 主成分代表焦炭 M_{40} 与大块率的机械强度指标,即第 3 主成分可作焦煤的结焦性能。因子得分系数矩阵见表 4,24 种焦煤 3 个主成分的分值可由表 4 中的指标得分系数与对应单种煤的指标标准化数据进行加权计算得到。

表 4 24 种焦煤 3 个主成分的因子得分系数矩阵

指标	主成分		
	1	2	3
挥发分 V_{daf}	0.154	-0.092	0.049
黏结厚度 G	0.147	0.119	-0.048
胶质层指数 Y	0.147	0.110	-0.040
塑性温度区间 Δt	0.149	0.053	0.101
基氏流动度 α_{\max} 对数值	0.149	0.100	0.145
全膨胀率 TD	0.146	-0.018	-0.118
镜质组平均最大反射率 \bar{R}_{\max}	-0.127	0.166	-0.022
反射率分布(肥煤)0.9%~1.2%	0.132	-0.171	0.051
反射率分布(焦煤)1.2%~1.5%	-0.078	0.196	-0.147
焦炭抗碎强度 M_{40}	-0.063	0.046	0.436
焦炭耐磨强度 M_{10}	-0.036	-0.137	-0.278
焦炭大块率(>40 mm)	-0.041	-0.061	0.434
焦炭反应性 CRI	-0.025	-0.270	-0.009
焦炭反应后强度 CSR	0.030	0.263	-0.001

2.3 焦煤综合性能的层次分析

重新引入焦煤的化学成分指标 A_d 、 $S_{t,d}$,并对相关指标进行正趋势化与标准化处理,依次得到焦煤的灰分性能、硫分性能。采用层次分析法 AHP 将焦煤的 5 个性能进行定性与定量的结合,并对其进行系统化、层次化的综合评价,焦煤性能关系示意图见图 1。

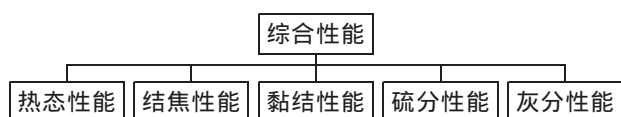


图 1 焦煤性能关系示意图

利用德尔菲法(1~9 的离散尺度进行度量,焦煤在配煤炼焦中不同单项性能的贡献由大到小顺次为

热态性能、结焦性能、黏结性能、硫分性能、灰分性能)构建 5 个单项性能的判断矩阵 A ,利用和积法将判断矩阵 A 每一列的元素进行归一化处理,再按行求和与归一化处理,即可得出权重矩阵 w ;一致性检验中最大特征根为 $\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(Aw)_i}{w_i}$ 、一致性比为 $CR = \frac{CI}{RI}$,其中 A 的一致性指数为 $CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$ 、 A 的随机一致性为 $CR = \frac{1.98(n-2)}{n}$,单项性能判断矩阵、权重及一致性检测结果见表 5。将 24 种焦煤的单项性能分值与权重加权计算,得出焦煤的综合性能分值,结果见表 6,排名越靠前的焦煤综合性能越好,配煤炼焦应用价值越高。

表 5 单项性能判断矩阵、权重及一致性检测结果

单项性能	热态性能	结焦性能	黏结性能	硫分性能	灰分性能	权重 w
热态性能	1	3	4	7	8	0.491
结焦性能	1/3	1	2	5	6	0.242
黏结性能	1/4	1/2	1	4	5	0.166
硫分性能	1/7	1/5	1/4	1	2	0.060
灰分性能	1/8	1/6	1/5	1/2	1	0.041

注:一致性检验 $\lambda = 5.172$, $CR = CI/RI = 0.043/1.188 = 0.036 < 0.1$,通过一致性检测。

表 6 单项性能分值与综合性能分值

样本	性能分值					综合性能	排名
	热态性能	结焦性能	黏结性能	硫分性能	灰分性能		
X1	1.850	0.658	0.736	0.985	-1.252	1.199	1
X2	1.131	0.850	1.589	1.562	-0.827	1.085	2
X3	1.191	0.424	1.136	1.083	-0.857	0.906	3
X4	0.680	-0.268	0.450	1.493	0.965	0.473	5
X5	-0.390	0.526	-0.129	1.363	-0.345	-0.018	11
X6	0.169	0.172	-1.354	1.188	0.216	-0.020	12
X7	-0.379	-2.238	1.450	1.083	2.240	-0.333	19
X8	0.552	-1.296	-0.722	1.874	-0.184	-0.058	13
X9	0.262	-0.010	-0.170	-0.487	-1.028	0.027	10
X10	0.556	0.974	0.064	-0.499	-0.184	0.483	4
X11	0.115	1.532	0.096	-0.570	-0.307	0.397	6
X12	-0.528	-1.091	-0.872	-0.697	1.229	-0.661	22
X13	0.315	-1.049	0.151	-0.607	0.389	-0.095	14
X14	-0.012	0.711	-0.135	-0.869	0.319	0.105	9
X15	0.226	0.601	0.097	-0.869	0.319	0.234	7
X16	0.158	-0.253	-0.466	-0.869	0.319	-0.100	15
X17	0.364	0.486	-0.888	-0.983	1.077	0.134	8
X18	-2.719	-0.011	-0.595	-0.840	0.763	-1.457	24

续表 6

样本	性能分值					综合性能	排名
	热态性能	结焦性能	黏结性能	硫分性能	灰分性能		
X19	-0.927	0.899	-0.081	-0.485	-0.909	-0.317	18
X20	-1.624	1.255	0.584	-0.696	-1.472	-0.499	21
X21	-0.221	0.186	-1.742	-0.245	-0.996	-0.407	20
X22	-1.728	-0.739	2.564	-0.003	-1.631	-0.670	23
X23	0.941	-2.206	-0.534	-1.057	1.040	-0.182	16
X24	0.020	-0.111	-1.229	-0.855	1.115	-0.226	17

3 结 语

3.1 通过 24 种焦煤 16 种指标的描述统计与相关性分析,发现焦煤工艺性能指标中煤化度指标 V_{daf} 与黏结性指标 G 、 Y 、 Δt 、 α_{max} 对数值、TD 及反射率分布 0.9%~1.2%呈极显著正相关($P < 0.01$),焦煤焦炭 M_{40} 与大块率、TD 呈极显著正相关($P < 0.01$),焦煤焦炭 CSR 与 CRI 呈极显著负相关; A_d 、 $S_{t,d}$ 与其他焦煤指标间无科学的显著性相关关系。

3.2 采用主成分分析法对焦煤的工艺性能指标进行降维处理,提取了黏结性能、热态性能、结焦性能 3 个主成分,其累计贡献率大于 75%,代表了焦煤工艺性能的大部分信息。

3.3 采用层次分析法对焦煤的 5 个单项性能指标(热态性能、结焦性能、黏结性能、硫分性能、灰分性能)计算权重,可客观、科学得出焦煤的综合性能分值。

3.4 本文方法可进一步拓展到其他种类的炼焦煤,可实现对炼焦煤全面、客观、动态的质量评价,以高效、量化指导焦化企业炼焦煤的应用与采购。

参考文献:

- [1] 申明新.中国炼焦煤的资源与利用[M].北京:化学工业出版社,2007.
- [2] 苏步新,张建良,车晓梅,等.基于主成分分析的高炉喷吹煤粉性能评价[J].煤炭学报,2013,38(12):2234-2240.
- [3] 郝长胜,盛军坤.利用层次分析和模糊数学法优选采矿方案[J].辽宁工程技术大学学报(自然科学版),2016,35(7):695-700.
- [4] 杜俊.炼焦煤质量的综合评价体系及方法研究[J].煤炭加工与综合利用,2019(5):52-57.
- [5] 王文森.变异系数——一个衡量离散程度简单而有用的统计指标[J].中国统计,2007(6):41-42.
- [6] 金林,李研.几种相关系数辨析及其在 R 语言中的实现[J].统计与信息论坛,2019,34(4):3-11.
- [7] 高晓红,李兴奇.主成分分析中线性无量纲化方法的比较研究[J].统计与决策,2020,36(3):33-36.

Research on comprehensive evaluation of coking coal quality based on principal component analysis and analytic hierarchy process

Feng Jiajun¹, Tang Shuai², Wu Lijun¹, Wu Chenglin², Song Qiao¹, Xu Xiuli² and He Cheng¹

(1.Tongling Pacific Special Materials Co., Ltd., Tongling Anhui 244100, China;

2.Sinosteel Anshan Research Institute of Thermo-Energy Co., Ltd., Anshan Liaoning 114044, China)

Abstract In view of the insufficient performance evaluation indicators of coking coal, an evaluation method of single and comprehensive performance of coking coal based on the coupling of principal component analysis and analytic hierarchy process (AHP) was proposed. In this method, the technological performance indicators and chemical composition indicators of coking coal were considered comprehensively, and the key characteristic indicators reflecting the difference of coking coal performance and the correlation of different indicators of coking coal were studied. According to the results of principal component analysis, three principal component indicators (thermal property, coking property and bonding property) could be extracted from the 14 process property indicators, and the scores of these three properties of 24 types of coking coal could be obtained. According to the AHP results, this method could be used to assign scientific weights to five single performance indicators of coking coal, namely, thermal performance, coking performance, bonding performance, sulfur performance and ash performance, and the objective and quantitative comprehensive performance scores were obtained.

Key words coking coal quality; technological performance indicator; chemical composition indicator; principal component analysis; analytic hierarchy process; comprehensive performance evaluation