

基于 SPSS 的我国铁矿石供应安全评价

刘贤信^{1,2}

(1. 北京科技大学; 2. 山东黄金集团有限公司)

摘 要 铁矿资源的供应安全会直接影响和决定我国经济和社会的可持续发展,根据我国铁矿石供应安全评价的需要,选取相关指标,建立了铁矿石供应安全评价体系。在此基础之上,利用主成分分析法及计算所得安全度,对我国近几年铁矿石供应安全情况进行了分析,从而为国家制订矿业发展战略、方针、政策提供可靠依据。

关键词 SPSS 铁矿石 供应安全 评价

Evaluation on the Supply Security of China Iron Ores Based on SPSS

Liu Xianxin^{1,2}

(1. University of Science and Technology Beijing; 2. Shandong Gold Group Co., Ltd.)

Abstract The supply security of iron ores will influence and determine the sustainable development of economic and society of China. According to the needs of iron ore supply security evaluation, a supply safety evaluation system for iron ore was built with some correlative factors. Based on this, the situation of iron ore supply safety in recent years of China was analyzed with analysis of the principal component and the safety level, thus providing a reliable foundation for drawing the strategies, principles and policies of mining industry development of China.

Keywords SPSS, Iron ore, Supply security, Evaluation

矿产资源安全是指一国或地区可以稳定、适时、持续地控制和获取保障国民经济当前发展、参与国际竞争和未来可持续发展需要的战略矿产资源的状况^[1]。由于我国经济快速发展,国内市场对钢铁的需求旺盛,对铁矿石需求不断提高,虽然近年来我国铁矿石产量有了较大幅度的增长,但是我国铁矿石品位低,经过选矿后的成品铁矿石(即铁精矿)的数量仍然较少,满足不了我国钢铁生产大幅度增长的需求^[2]。我国目前是全球进口铁矿石第一大国,铁矿石对外依存度不断上升。2009年我国铁矿石对外依存度已经接近70%,比2008年上升13个百分点,铁矿石进口量已经占世界铁矿石贸易量的75%,同时进口铁矿石价格不断提高。我国铁矿石的供应安全问题,已经成为制约钢铁工业发展的战略问题。

1 SPSS 简介

作为世界上最优秀的统计软件之一,SPSS (Statistics Package for Social Science) 界面友好,它集数据录入、转换、检索、管理、统计分析、作图、制表及编辑等功能于一身,使用非常直观、灵活,操作极为简

便,是一种易学好用的统计分析和图表制作工具。SPSS 涵盖了统计分析的各个方面,例如对应分析 (Correspondence Analysis)、联合分析 (Conjoint Analysis)、多分类变量的 Logistic 回归分析等,并且 SPSS 所用统计分析方法具有权威性。SPSS 具有较强的数据转换功能,可以存取和转换多种数据类型,如 dBase、Lotus、Excel、ASCII 文件等。SPSS 系统能将对话框指定的命令、子命令和选择项等内容自动编写成 SPSS 命令语句,并可以编辑,继而形成 SPSS 环境下的可执行程序文件。目前,SPSS 已经广泛应用于自然科学、社会科学中,其中涉及的领域包括工程技术、应用数学、经济学、商业、金融、生物学、医疗卫生、体育、心理学、农林等^[3]。对工程技术人员来说,利用 SPSS 统计分析软件,可以彻底消除重复而单调的计算过程,而更多地专注于统计模型的建立与模型的修改工作上面^[4]。

刘贤信(1967—),男,北京科技大学土木与资源工程学院,博士研究生;山东黄金集团有限公司,高级工程师;100083 北京市海淀区学院路。

2 铁矿石供应安全评价指标体系

自 1995 年以来,我国铁矿石消费量每年都有较大的增长,由于我国铁矿石生产能力远远不能满足我国铁矿石的消费,因而导致铁矿石进口量不断增加,特别是从 2000 年以来我国铁矿石的消费大部分依赖进口,对外依存度不断提高,并且进口铁矿石价格每年都有较大幅度的增长。当前,我国铁矿石供需形势比较紧张,铁矿石供应安全形势不容乐观。基于当前我国铁矿石供应现状,为了能够较好地反映我国铁矿石供应安全状况的变化趋势,以我国铁矿石资源状况、铁矿石生产及进口等相关数据为基础,来构建我国铁矿石供应安全评价的指标体系。

遵循构建指标体系的相关原则,以能综合反映我国铁矿石当前供应实际状况为出发点,本研究选取了我国铁矿石资源的储量、我国铁矿石消费量、我国铁矿石产量、国际市场铁矿石价格、我国铁矿石历年进口量、我国铁矿石消费强度、我国铁矿石进口集中度作为基础数据,根据以上基础数据,通过相关计算及换算,以对外依存度(K_1)、消产比(我国铁矿石消费量与产量之比, K_2)、供应方集中度(K_3)、进口铁矿石价格(K_4)、我国铁矿石消费量(K_5)、我国铁矿石产量与储量之比(K_6)、消费强度(K_7)等作为我国铁矿石供应安全评价指标。上评价指标数据量的大小与我国铁矿石供应安全程度为逆相关,即各指标数据量越大,我国铁矿石供应安全程度越低。

相关指标解释如下。

(1)对外依存度(K_1)。资源的贸易依存度主要反映资源总需求中有多少资源是通过贸易方式从国外获取的。一般来说,对国际市场依存度的提高,意味着风险因素的增多和不安全程度的提高。对外依存度可以表示为

$$K_1 = (Q_i - Q_o)/Q_c,$$

(1)

式中, Q_i 为资源进口量; Q_o 为资源出口量; Q_c 为资源消费量。

近几年我国铁矿石消产比、产量储量比及对外依存度数据见表 1。

(2)供应方集中度(K_3)。供应方进口集中度主要是反映资源进口来源地的集中程度,如果资源进口集中度高,表明资源进口来源太集中,不利于分散风险。供应方集中度可以表示为

$$K_3 = \text{前 3 位或前 5 位国家的} \\ \text{资源进口量之和} / \text{总进口量}.$$

近几年我国铁矿石供应方集中度数据见表 2。

表 1 近几年我国铁矿石消产比及对外依存度

年份	保有 储量 /亿 t	产量 /万 t	消费量 /万 t	进口量 /万 t	消产比	对 外 依存度	产量 储量比
1997	475.6	26 861	18 941	5 510	0.705	0.291	0.005 6
1998	463.5	24 689	17 522	5 177	0.710	0.295	0.005 3
1999	458.9	23 723	17 389	5 227	0.733	0.301	0.005 2
2000	458.9	22 600	18 297	6 997	0.810	0.382	0.004 9
2001	458.1	21 701	20 090	9 239	0.926	0.460	0.004 7
2002	457	23 143	22 721	11 149	0.982	0.491	0.005 1
2003	212.38	26 108	27 867	14 813	1.067	0.532	0.012 3
2004	217.6	31 010	36 313	20 808	1.171	0.573	0.014 3
2005	216.04	42 049	48 548	27 523	1.155	0.567	0.019 5
2006	220.92	58 817	62 039	32 630	1.055	0.526	0.026 6
2007	223.64	70 707	73 663	38 309	1.042	0.520	0.031 6

表 2 近几年我国铁矿石供应方集中度

年 份	澳大利 亚进口量 /万 t	巴 西 进口量 /万 t	印 度 进口量 /万 t	进口总量 /万 t	进 口 集中度
1997	3 097	782	607	5 511	0.814
1998	2 567	896	694	5 177	0.803
1999	2 434	1 152	889	5 227	0.856
2000	3 732	1 482	1 100	6 997	0.902
2001	3 996	2 454	1 689	9 230	0.882
2002	4 297	2 977	2 253	11 150	0.854
2003	5 813	3 840	3 228	14 813	0.870
2004	7 980	5 250	5 017	20 809	0.877
2005	11 218	5 471	6 855	27 523	0.855
2006	12 676	7 585	7 478	32 630	0.850
2007	14 561	9 763	7 937	38 309	0.842

(3)消费强度(K_7):铁矿石消费强度随着国家发展经济周期的变化而变化。经验研究表明,铁矿石消费强度和人均 GDP 之间存在倒 U 型的关系曲线。消费强度可以定义为

$$IU = D/GDP,$$

(2)

式中, IU 为随时间而变化的铁矿石消费强度; D 为铁矿石需求量; GDP 为国内生产总值。

近几年我国铁矿石供应方集中度及进口铁矿石平均到岸价格数据见表 3。

3 基于主成分分析法的铁矿石供应安全度评价

3.1 主成分分析法原理

假设有 p 个指标,即 p 个随机变量,记为 $X_1, X_2,$

表 3 近几年我国铁矿石消费强度及进口铁矿石平均到岸价格

年 份	铁矿石 消费量/万 t	GDP /亿元	消费强度 /(kg/元)	平均到岸价 /(美元/t)
1997	18 941	78 973	0.024	29.3
1998	17 522	84 402	0.021	28.35
1999	17 389	89 677	0.019	24.95
2000	18 297	99 215	0.018	26.55
2001	20 090	109 655	0.018	27.11
2002	22 721	120 333	0.019	24.84
2003	27 867	135 823	0.021	27.38
2004	36 313	159 878	0.023	61.02
2005	48 548	183 085	0.027	66.78
2006	62 039	209 407	0.030	64.09
2007	73 663	246 619	0.030	88.26

…， X_p 。主成分分析就是要把这 p 个指标的问题，转变为讨论 p 个指标的线性组合的问题，而这些新的指标 $F_1, F_1, \cdots, F_k (k \leq p)$ ，按照保留主要信息量的原则充分反映原指标的信息，并且相互独立。这种由讨论多个指标降为少数几个综合指标的过程在数学上就叫做降维。主成分分析通常的做法是，寻求原指标的线性组合 F_i 。其中， X_i 是经过标准化后的变量，即

$$F_i = u_{1i}X_1 + u_{2i}X_2 + \cdots + u_{pi}X_p$$

$(i = 1, 2, \cdots, p).$

(3)

新生成的 F_1, F_2, \cdots, F_p 满足如下条件。

(1) 每个主成分的系数平方和为 1，即

$$u_{1i}^2 + u_{2i}^2 + \cdots + u_{pi}^2 = 1.$$

(4)

(2) 主成分之间相互独立，无重叠的信息，即

$$Cov(F_i, F_j) = 0 (i \neq j, i, j = 1, 2, \cdots, p).$$

(5)

(3) 主成分的方差依次递减，重要性依次递减，

即

$$Var(F_1) \geq Var(F_2) \geq \cdots \geq Var(F_p).$$

通过主成分分析，选择 m 个主成分 $\gamma_1, \gamma_2, \cdots, \gamma_m$ ，以每个主成分 γ_i 的方差贡献率 α_i 作为权数，构造综合评价函数

$$Z = \alpha_1\hat{\gamma}_1 + \alpha_2\hat{\gamma}_2 + \cdots + \alpha_m\hat{\gamma}_m,$$

(6)

其中， $\hat{\gamma}_i$ 为第 i 个主成分得分。把 m 个主成分得分带入 Z 函数后，即可得到每个样本的综合评价函数得分，以得分的大小排序^[5-8]。

3.2 我国铁矿石供应安全主成分分析

设 T_j 为第 j 年的安全度， δ_i 为第 i 个指标 C_i 的权重， C_{ij} 为第 j 年第 i 个指标。将我国铁矿石供应安全的相关评价指标以 EXCEL 文件格式导入到 SPSS 统计分析软件中。相关评价指标的主成分的贡献率可

以通过 SPSS 软件的 Factor Analysis 控件计算得出。经过计算，第一主成分贡献率为 68.444%，第二主成分贡献率为 22.282%；负荷矩阵中包含各指标的载荷 LK_i 。

$$\delta_i = \sum R_k \cdot LK_i / \sum (\sum R_k \cdot LK_i).$$

(7)

$$T_i = \sum \delta_i \cdot C_{ij}.$$

(8)

正交旋转后的主成分负荷矩阵如表 4 所示。

表 4 主成分负荷矩阵

主成分	消产比	对外 依存度	供应 集中度	进口 价格	消费量	产储比	消费 强度
第 一 主成分	0.808	0.791	0.049	0.950	0.969	0.966	0.864
第 二 主成分	0.515	0.556	0.909	0.166	0.173	0.182	0.453

从表 4 可以看出，消产比、消费量、产储比、进口价格这几个指标存在着极其显著的关系，这几个指标和供应集中度、消费强度、对外依存度存在显著关系，可见这些指标之间直接的相关性比较强，证明它们存在信息上的重叠。消产比、对外依存度、消费量、产储比、消费强度及进口价格在第一主成分中有较高载荷，说明第一主成分基本上反映了这些指标的信息；供应集中度在第二主成分中有较高载荷，说明第二主成分基本上反应了该指标的信息。

我国铁矿石供应安全相关评价指标的权重可以通过相关计算得出(表 5)，假设在 2000 年，我国铁矿石供需形势较好，因此基于 2000 年我国铁矿石相关数据，对各个评价指标进行归一化处理，即以历年以来我国铁矿石相关评价指标的原始数据除以 2000 年的数据。

表 5 我国铁矿石供应安全评价指标数据

年份	产量 储量比 (权重 24.2%)	价格 (权重 15.4%)	消费 强度 (权重 11.7%)	进口 集中度 (权重 9.0%)	消产 比 (权重 11.1%)	对外 依存度 (权重 11.3%)	消费量 (权重 17.3%)
1997	1.143	1.104	1.299	0.902	0.871	0.762	1.035
1998	1.082	1.068	1.123	0.890	0.876	0.772	0.958
1999	1.061	0.940	1.049	0.949	0.905	0.788	0.950
2000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2001	0.959	1.021	0.993	0.978	1.143	1.204	1.098
2002	1.041	0.936	1.021	0.854	1.212	1.285	1.242
2003	2.510	1.031	1.113	0.965	1.318	1.393	1.523
2004	2.918	2.298	1.229	0.972	1.446	1.500	1.985
2005	3.980	2.515	1.437	0.948	1.425	1.484	2.653
2006	5.660	2.414	1.613	0.942	1.308	1.377	3.405
2007	6.449	3.324	1.620	0.933	1.287	1.361	4.026

根据公式

$$T_j = \sum \delta_i \cdot C_{ij},$$

利用各归一化指标数据与相应权重相乘后求和,可以得出 1997—2007 年我国铁矿石供应的安全度,如图 1 所示。

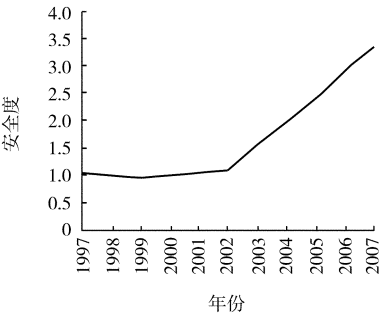


图 1 近几年我国铁矿石供应安全度变化趋势

3.3 铁矿石供应安全情况分析

从图 1 中可以看出,1997—2002 年,我国铁矿石供应安全度变化趋势不大,安全度最大值为 1.05,最小值为 0.96,各年铁矿石供应安全度变化较为平缓。由于在前文中假设 2000 年铁矿石供应安全形势较好,因此 1997—2002 年我国铁矿石供应较为安全,我国铁矿石产量基本上可以满足国内消费。2003—2007 年,我国铁矿石供应安全度增长幅度明显,由 2003 年的 1.55 迅速增长到 3.34,铁矿石供应形势较为严峻,从基础数据中也可以看出,在这几年中,我国铁矿石的对外依存度接近 60%,与前几年相比,有了明显的增长,需要从国外进口大量

铁矿石来满足我国国内钢铁企业的需求,所以在这几年中,我国铁矿石供应形势处于危险状态。

4 结 论

在构建我国铁矿石供应安全评价指标体系的基础之上,本研究利用主成分分析法得出近几年来我国铁矿石供应安全相关指标权重及安全度,基于计算所得出的我国铁矿石供应安全度的相关数据,对近几年我国铁矿石供应安全情况进行了分析,从而为我国相关部门拟订矿业发展战略、方针、政策提供了可靠依据。

参 考 文 献

[1] 沈 镭,何贤杰,等.我国矿产资源安全战略研究[J]. 矿业研究与开发,2004(10):6-12.
[2] 刘 动. 近年我国进口铁矿石的现状与分析[J]. 金属矿山, 2009(1):12-15.
[3] 林杰斌,刘明德. SPSS10.0 与统计模式建构[M]. 北京:科学出版社,2002.
[4] 何兴江,张信贵,易念平. 基于 SPSS 的城市区域地下水变异 Factor Analysis 过程[J]. 地质与勘探, 2006(1):93-96.
[5] 张洪亮,齐二石. 运用主成分方法的山东省城市投资环境聚类分析[J]. 工业工程, 2009(2):140-143.
[6] 贾文龙,范继涛. 基于主成分分析法的铁矿山资源保障能力研究[J]. 金属矿山,2009(8):10-14.
[7] 刘志韬,胡乃联. 主成分分析法在黄金矿山成本分析中的应用 [J]. 矿业工程,2008(10):14-16.
[8] 张文霖. 主成分分析法在 SPSS 中的操作应用[J]. 理论与方法,2005(12):31-34. (收稿日期 2010-08-12)

(上接第 27 页)

参 考 文 献

[1] 钱鸣高,刘听成. 矿山压力及其控制[M]. 修订本. 北京:煤炭工业出版社,1992.
[2] 宋振骥. 实用矿山压力控制[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,1988.
[3] 钱鸣高,殷建生,刘双跃. 综采工作面直接顶的端面冒落[J]. 煤炭学报,1990,15(1):1-9.
[4] 吴 健,张海戈. “三软”厚煤层放顶煤工作面控制架前冒顶的理论与实践[J]. 岩石力学与工程学报,1994,13(1):4-10.
[5] 张顶立. 综放工作面煤岩稳定性研究及控制[D]. 徐州:中国矿业大学,1995:24-37.

[6] Smart B G and Redfern A. The evaluation of powered support specifications from geological and mining practice information[J]. Rock Mechanics,1991(3):367-377.
[7] 钱鸣高,缪协兴,许家林,等. 岩层控制的关键层理论[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,2000:87-95.
[8] 陈炎光,钱鸣高. 中国煤矿采场围岩控制[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,1994.
[9] 钱鸣高,石平五. 矿山压力与围岩控制[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,2003.
[10] 翟新猷,李化明,杜建鹏,等. 底分层综放顶煤岩层移动规律研究[J]. 采矿与安全工程学报,2009,26(1):82-86.
[11] 勒钟铭. 放顶煤开采理论与技术[M]. 北京:煤炭工业出版社,2001. (收稿日期 2010-08-22)

欢 迎 投 稿 欢 迎 订 阅