

经济研究

# 基于因子分析法的中国钢铁产业 可持续发展协调度分析\*

黄继忠<sup>1</sup> 王小宇<sup>2</sup>

(1. 辽宁大学 比较经济体制研究中心, 辽宁 沈阳 110036; 2. 中共丹东市委党校 经济学教研室, 辽宁 丹东 118000)

**摘要:** 本文收集了中国钢铁产业资源环境、经济业绩、技术创新三个系统的数据, 通过因子分析法取得了三个系统的综合发展评价价值。在此基础上, 建立了可持续发展协调度计算模型, 并对中国钢铁产业三个系统的协调发展度进行了测评。研究发现, 自2000年以来, 中国钢铁产业的资源环境与经济业绩两个系统基本能够协调发展, 而技术创新方面有明显不足, 已经严重影响其他两个系统的协调发展。

**关键词:** 中国钢铁产业; 可持续发展; 协调度

**中图分类号:** F407.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-3291(2008)05-0108-06

## 一、引言

钢铁产业是资金、资源、能源和技术密集型产业, 与环境密切相关。中国钢铁产业吨钢能源消耗、水耗、粉尘排放量等均低于世界先进水平, 并且在今后较长时间内, 中国自产铁矿石不能满足需求。从资源、能源及环境等各方面的条件看, 已不允许钢铁产业继续实施这种简单的规模扩张方式, 可持续发展已经成为今后中国钢铁产业的主题。

对于可持续发展的综合评价目前已有的研究很多, 涵盖测度的内容也是多方面的, 但是各系统之间的协调发展一直是可持续发展强调的重点。可持续发展协调度是衡量可持续发展系统有序和整体均衡的指标, 它主要用来判断可持续发展的稳定性和持久性。该项研究目前尚缺乏一个普遍适用的协调度公式, 也未能发现对中国钢铁产业可持续发展协调度的定量评价。本文先是通过因子分析法取得了钢铁产业资源环境、经济业绩、技术创新三个系统的综合发展评价价值, 在此基础上, 建立了可持续发展协调度计算模型, 并对中国钢铁产业可持续发展协调度进行了测度。

## 二、可持续发展协调度的评价指标体系设计

指标体系的确定是综合评价的基础。综合评价作为分析问题的一种手段, 属定量分析。定量分析就需要把所研究的事物具体化, 用一些可测量的定量指标将所研究的事物明确地表示出来, 并构成评价体系。所以, 科学地选取指标和构造评价体系是中国钢铁产业可持续发展协调度评价的基础。

可持续发展协调度是一个综合、系统的概念, 单纯用某一指标或部分指标难以反映其全貌。此外, 对中国钢铁产业可持续发展协调度的测评, 显然又不同于对一个国家、地区或城市的可持续发展的测评, 还必须充分考虑到钢铁产业的特点。本文对指标的选取遵循了科学性、系统性、可操作性、简明性、代表性、目的性原则, 以便能够恰当客观准确地反映中国钢铁产业的可持续发展协调程度的发展状况和变化特征。

根据可持续发展协调度的内涵及其评价体系设计原则, 参照目前一些学者和学术机构研究的成果, 并结合中国钢铁产业可持续发展的特点, 本文从资源环境、经济业绩和技术创新水平三个子系统进行评价指标体系的设置。对每一子系统的内容,

\* 收稿日期: 2008-08-20

作者简介: 黄继忠, 男, 辽宁锦州人, 辽宁大学比较经济体制研究中心教授, 博士生导师。  
王小宇, 女, 辽宁丹东人, 中共丹东市委党校经济学教研室教师。

按照评价指标体系设计的原则选取适当的二级指标予以反映,从而构成一个较为完善的评价指标体系。

该评价指标体系由 3 个一级指标 ( $F_1 \sim F_3$ )、18 个二级指标 ( $X_1 \sim X_6, Y_1 \sim Y_6, Z_1 \sim Z_6$ ) 组成 (详见下表 1):

表 1 中国钢铁产业可持续发展协调度评价指标体系

可持续发展协调度		
资源环境 $F_1$	经济业绩 $F_2$	技术创新 $F_3$
$X_1$ ——吨钢综合能耗(tce/t)	$Y_1$ ——工业总产值(亿元)	$Z_1$ ——技术开发人员(人)
$X_2$ ——吨钢水耗量( $m^3/t$ )	$Y_2$ ——工业增加值(亿元)	$Z_2$ ——科技活动经费支出总额(亿元)
$X_3$ ——工业水重复利用率(%)	$Y_3$ ——固定资产净值平均余额(亿元)	$Z_3$ ——专利申请数(项)
$X_4$ ——吨钢 $SO_2$ 排放量(kg/t)	$Y_4$ ——利润总额(亿元)	$Z_4$ ——发明专利拥有量(项)
$X_5$ ——吨钢烟尘排放量(kg/t)	$Y_5$ ——粗钢产量(万吨)	$Z_5$ ——技术改造经费(亿元)
$X_6$ ——吨钢 COD 排放量(kg/t)	$Y_6$ ——生铁产量(万吨)	$Z_6$ ——技术开发经费占产品销售收入比重(%)

### 三、中国钢铁产业可持续发展协调度实证分析

#### 1. 数据的获取及评价函数的构建

由于统计口径方面的原因,  $X_1 \sim X_6$  是重点统计企业数据, 主要来源是苏天森在《当前中国钢铁工业节能减排技术重点分析》中的数据; 而  $Y_1 \sim Y_6$

及  $Z_1 \sim Z_6$  是分别根据《中国统计年鉴》(2001 年~2007 年) 和《中国科技统计年鉴》(2001 年~2007 年) 的行业分类中黑色金属冶炼及压延加工业的统计口径整理、计算的。本文的中国钢铁产业可持续发展协调度研究的原始数据见下表 2。

表 2 中国钢铁产业可持续发展协调度研究的原始数据

变量	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$
2000	0.920	25.24	87.84	5.56	1.70	0.99
2001	0.876	18.81	89.08	4.69	1.28	0.65
2002	0.815	15.58	90.56	4.07	1.17	0.58
2003	0.778	13.73	90.73	3.24	0.73	0.45
2004	0.761	11.27	92.28	3.08	0.63	0.36
2005	0.694	8.60	94.15	2.77	0.53	0.25
2006	0.645	6.56	94.80	2.66	0.52	0.23
变量	$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$	$Y_4$	$Y_5$	$Y_6$
2000	4 732.90	1 299.29	3 985.88	158.09	13 146	13 101
2001	5 707.31	1 530.15	4 058.95	201.72	15 702	14 654
2002	6 492.36	1 799.49	4 290.09	294.77	19 250	17 097
2003	10 007.37	2 824.01	4 496.19	576.00	24 108	20 291
2004	11 587.50	3 344.01	5 430.24	1 038.93	29 723	25 185
2005	21 470.98	5 776.90	6 687.44	1 067.44	37 513	33 741
2006	25 403.79	7 004.45	8 439.61	1 367.20	46 085	40 416
变量	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$Z_4$	$Z_5$	$Z_6$
2000	1.14	74.37	293	247	170.34	1.58
2001	1.07	75.35	306	189	245.87	1.70
2002	1.48	103.32	652	988	312.98	1.90
2003	2.38	64.76	444	765	260.40	1.80
2004	2.68	90.74	962	556	635.96	0.60
2005	2.99	110.13	1123	788	670.45	0.91
2006	3.80	162.10	1837	1 003	702.29	1.22

利用指标评价体系对系统进行测度,能从多方面全面地刻画系统的特性,为了避免由于主观因素带来的误差,更合理客观地确定各指标的权重,对于资源环境、经济业绩与技术创新三方面的指标考虑采用因子分析法(FA)进行测度。因子分析法是一种数据降维和信息浓缩的分析方法,而且能更好地反映系统各指标的结构以及对系统的贡献。其主要原理是利用主成分分析,在多变量中提取少数互不相关的新变量来反映原变量所提供的绝大部分信息。其一般步骤为:(1)原始指标数据标准化;(2)计算相关系数矩阵R;(3)计算相关矩阵R的P个特征根 $\lambda_1 \lambda_2 \dots \lambda_p (\lambda_i > 0)$ 及相应的 $P \times 1$ 维单位特征向量;(4)计算特征根的的信息贡献率与累计贡献率;(5)给定 $V < 1$ ,累计贡献率达到V值时(一般V取值为大于85%),提取前M个主成分 $Z_1, Z_2 \dots Z_m$ ;(6)计算因子得分 $F_i$ ;(7)综合评价

$$score = \frac{\sum_{i=1}^m \lambda_i \times f_i}{\sum_{i=1}^m \lambda_i}$$

其中, $\lambda_i$ 是第*i*个特征根, $f_i$ 是第

*i*个因子得分,*M*是所取特征根的个数。

通过SPSS11.0统计分析软件对中国钢铁产业可持续发展协调度三个系统的18个二级指标数据分三次进行主成分因子分析,三个系统的KMO分别为0.743、0.661和0.600均大于等于0.6,可以认为基本适合作因子分析;三者的Bartlett球形检验对应的相伴概率都接近0,因此可以认为都通过Bartlett球形检验。

资源环境和经济业绩的因子分析结果均提取

了一个主成分,累积方差贡献率分别为97.056%和97.735%,可以认为基本涵盖了这两个系统的所有信息。技术创新系统的因子分析提取了两个主成分,累积方差贡献率为91.996%,也可以认为基本涵盖的技术创新系统的所有信息。按照综合评价公式计算,以各公共因子的信息贡献率为权重进行加权综合,其具体公式如下。(其中,信息贡献率是方差贡献率与各主成分累积方差贡献率的比值。)

即

$$F_1 = 5.823 \times F_{11} \div 5.823$$

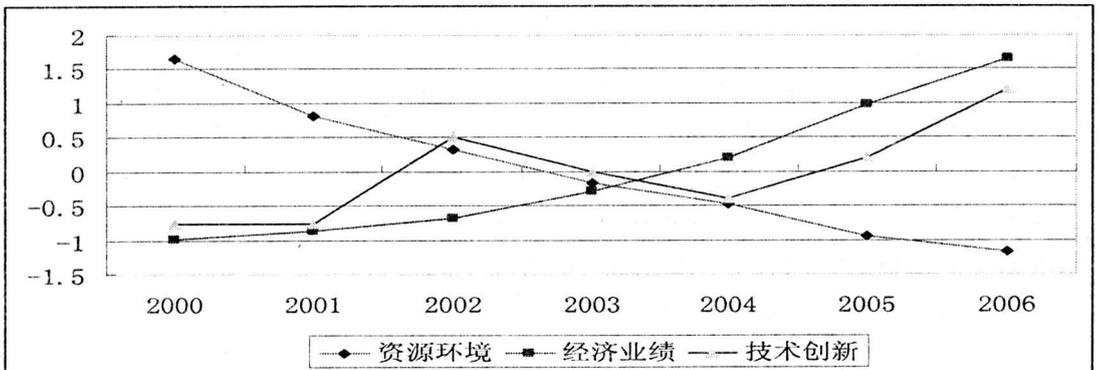
$$F_2 = 5.864 \times F_{21} \div 5.864$$

$$F_3 = (3.055 \times F_{31} + 2.465 \times F_{32}) \div (3.055 + 2.465)$$

最后得出资源环境、经济业绩和技术创新三者的综合发展评价价值(见下表3),据此描绘的综合发展评价价值图(见下图1)。

表3 综合发展评价价值表

年份	资源环境 $F_1$	经济业绩 $F_2$	技术创新 $F_3$
2000	1.6434	-0.9860	-0.7546
2001	0.8041	-0.8637	-0.7541
2002	0.3317	-0.6832	0.5032
2003	-0.1697	-0.2994	0.0002
2004	-0.4865	0.2008	-0.3960
2005	-0.9533	0.9820	0.1984
2006	-1.1698	1.6495	1.2028



由上页图1可以看出:(1)2000年到2006年间,资源环境的综合发展水平是逐年降低的,其综合评价值从2000年的1.6434下降到2006年的-1.1698,表明资源环境的综合发展是符合中国现在的节能减排的产业政策方向的。钢铁产业是高能耗、多排放的行业,在进入新世纪以来,中国钢铁产业认真贯彻清洁生产、节约型制造和符合循环经济与人类社会可持续发展基本原则,不但实现了钢铁生产超高速增长,也在节能减排、减少对环境的污染等各个方面取得了显著的进步;(2)中国钢铁产业的经济业绩综合发展水平是逐年上升的。其综合评价值从2000年的-0.9860上升到2006年的1.6495,表明经济业绩的综合发展形势非常好。进入新世纪以来的6年,平均年增钢产量达4477.4万吨,为20世纪90年代增长速度的7.09倍以上,是世界钢铁生产历史上从未有过的。但是也要看到,新世纪钢铁生产的发展不再是简单的数量增加,而是伴随着科技进步、结构优化、技术经济指标的全面改善。尤其是生产效率大幅度提高、消耗大幅度下降已成为产量增长的保证条件;(3)与此同时,技术创新综合发展水平是不稳定的。2001年和2000年基本持平,2002年中国钢铁产业技术创新综合发展水平大幅度提高,从2001年的-0.7541上升到0.5032,却又在接下来的两年内,连续下降,到2004年降到-0.3960,在这之后在2005年和2006年技术创新的综合发展水平有逐年上升,到2006年已经达到1.2028,是2000年以来的最高点。这样的连续波动表明中国钢铁产业在技术创新方面没有连续稳定的投入,技术创新较弱,产品附加值不高,质量缺乏竞争力,新产品开发能力也明显落后于发达国家。

## 2. 可持续发展协调度模型

如何选择合适的可持续发展协调度模型来评价中国钢铁产业可持续发展协调度是一个复杂的过程,本文结合中国钢铁产业的特点,以及数据的可获得性,参照欧阳洁等在《可持续发展目标下环境评价方法支持系统的研究》中的方法,从弹性的角度研究系统的协调度。则各个时期三个系统的相对速度为:

$$F'_1(t) = \frac{F_1(t) - F_1(t-1)}{|F_1(t-1)|} \quad (1)$$

$$F'_2(t) = \frac{F_2(t) - F_2(t-1)}{|F_2(t-1)|} \quad (2)$$

$$F'_3(t) = \frac{F_3(t) - F_3(t-1)}{|F_3(t-1)|} \quad (t = 1, 2, \dots, n) \quad (3)$$

则以下公式(4)~(6)完全可以做为衡量系统发展状况是否同步的判别型依据:

$$T_1(t) = \frac{F'_1(t)}{F'_2(t)} \quad (4)$$

$$T_2(t) = \frac{F'_1(t)}{F'_3(t)} \quad (5)$$

$$T_3(t) = \frac{F'_1(t)}{F'_3(t)} \quad (6)$$

式中, $F_i(t)$ 是综合发展评价值, $F'_i(t)$ 是相对变化度, $T_i(t)$ 是可持续发展协调度。由于单位产量资源的消耗和环境污染物的排放应该是随着经济的发展、技术的进步而逐渐减少的,所以在(1)式中添加了负号。同时,由于本文中的 $F_i(t)$ 是上文中通过因子分析得出的综合发展评价值,因此 $F_i(t)$ 是有正有负的函数,结合变化协调度的测度意义,将式(1)、(2)和(3)中对 $F_i(t)$ 取绝对值处理,以消除函数本身的符号对测度结果的影响。

## 3. 数据分析

将表3中的数据带入式(1)~(6),得出中国钢铁产业可持续发展在资源环境、经济业绩和技术创新三个系统方面的协调度(见下表4),并据此描绘中国钢铁产业可持续发展协调度分析图(见下页图2)。

本文根据 $T_i(t)$ 的数据特点及可持续发展协调度的含义,定义了如下的评价标准: $T_i(t) > 1$ ,说明系统协调发展状况处于上升趋势; $T_i(t) = 1$ ,说明系统协调发展状况处于平稳趋势; $0 < T_i(t) < 1$ ,说明系统协调发展状况处于轻度衰退趋势; $T_i(t) < 0$ ,说明系统协调发展状况处于严重衰退趋势。

表4 中国钢铁产业可持续发展协调度表

年份	$T_1(t)$	$T_2(t)$	$T_3(t)$
2001	4.1174	770.7628	187.1959
2002	2.8112	0.3524	0.1253
2003	2.6908	-1.5122	-0.5620
2004	1.1174	-0.0009	-0.0008
2005	0.2466	0.6392	2.5919
2006	0.3341	0.0449	0.1343

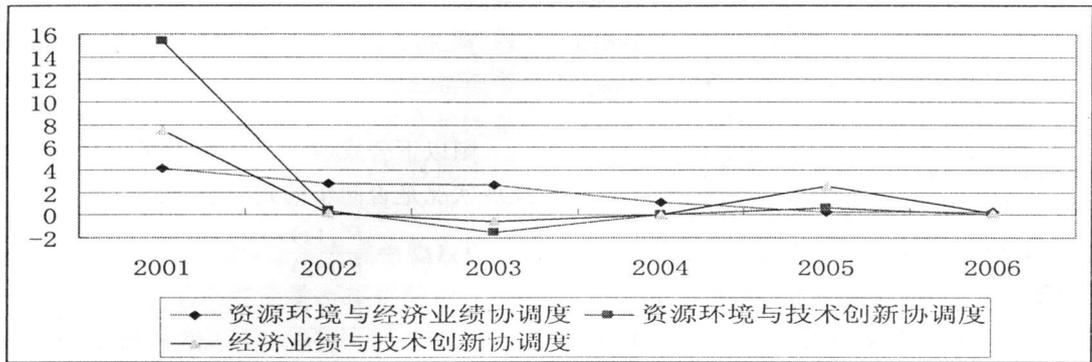


图2 中国钢铁产业可持续发展协调度分析图

注释:由于2001年的 $T_2$ 和 $T_3$ 数值与其它数值差距太大,为使中国钢铁产业可持续发展协调度分析图能更直观、方便,本文将这两个数据分别缩小50倍和25倍处理。

由上页表4和上图2及结合协调度的评价标准可以看出:(1)资源环境与经济业绩两个系统协调发展状况基本良好, $T_1(t)$ 全部大于0,变化幅度不是很大,但是却处于逐年下降的趋势。2001年~2004年间 $T_1(t)$ 全部大于1,说明资源环境与经济业绩两个系统协调发展状况在这4年间基本处于上升趋势,2005年和2006年的都是小于1的,说明这两年的两个系统协调发展状况处于轻度衰退趋势;(2)资源环境与技术创新两个系统协调发展状况很不稳定, $T_2(t)$ 变化幅度很大,处于先是急剧下降然后略有上升的趋势。在2003年和2004年 $T_2(t)$ 出现的负值,说明系统处于严重衰退趋势。在2005年略有回升之后,2006年又有所下降,处于轻度衰退趋势;(3)经济业绩与技术创新两个系统协调发展状况与资源环境与技术创新两个系统协调发展状况变化很相似,只是波动幅度略微小点。

由以上的分析可以看出,中国钢铁产业的资源环境与经济业绩两个系统协调发展状况基本良好,变化幅度不是很大,相比之下,技术创新与其它两个系统的协调发展状况变化幅度很大,尤其与资源环境的协调度变化的剧烈程度要大于与经济业绩的协调度。其原因在于技术创新方面有明显不足,进而影响中国钢铁产业的可持续发展的协调发展的最主要方面。

经济业绩两个系统基本能够协调发展。并且变化幅度不是很大,这表明中国钢铁产业基本遵循了可持续发展的思路。新世纪以来,中国钢铁产业在注重生产超高速增长的同时,也注重了节能减排的管理力度,不但实现了钢铁产量的增长,也在节能减排、减少对环境的污染等各个方面取得了显著的进步。说明中国钢铁产业认真贯彻了清洁生产、节约型制造和符合循环经济与人类社会可持续发展基本原则。但是同时也要看到 $T_1(t)$ 处于逐年下降的趋势,尤其近两年的 $T_1(t)$ 小于1,这说明中国钢铁产业节能减排的管理力度还有待于持续加强,也表明节能减排的工作还是不容掉以轻心。

同时也要看到,技术创新方面有明显不足,已经严重影响其它两个系统的协调发展,并且致使其与另两个系统的协调度出现了很大幅度的波动。因而可以得出结论,技术创新能力不稳定是影响中国钢铁产业可持续发展协调程度的主要原因。创新体制不健全,研究开发费用不足,技术创新能力、新产品开发能力落后于发达国家,致使产品结构不合理,质量不能满足市场需要。中国生产的钢材普遍科技含量不高,附加值较低,严重影响中国钢铁产品的出口竞争力。技术创新不足在影响中国钢铁产业经济业绩的同时,也影响到了与资源环境的协调发展。由上面的分析也可以看到,技术创新与资源环境的协调度最差,说明中国钢铁产业在依靠技术进步来解决节能减排的问题方面也还有待于

#### 四、结论

自2000年以来,中国钢铁产业的资源环境与

加强。因此,如何提升中国钢铁产业的技术创新能力,是促进中国钢铁产业可持续发展的重点。

### 参考文献

- [1] Yu Guang-feng. Quantitative description of Taiyuan urban Coordinated Sustainable Development [J]. **Chinese Geographical Science Volume** 12, Number 3/ 2002(9).
- [2] Xiang-yang Fang, Zhong-nuan Chen, Ji-chun Chen. Evaluation of Coordinated Degree of Sustainable Development in the Pearl River Delta, Hong Kong and Macao [J]. **Urban Environment & Urban Ecology**, 2004, 17 (55) : 24-26.

- [3] Wang H. Study on the comprehensive benefit of regional economic development and its coordinated degree[J]. **Economic Geography**, 1997, 17(4) : 30-36.
- [4] 戴西超,谢守祥,丁玉梅.技术-经济-社会系统可持续发展协调度分析[J].统计与决策,2005,(3).
- [5] 宋旭光.可持续发展侧度方法到系统分析[M].大连:东北财经大学出版社,2003.
- [6] 欧阳洁,等.可持续发展目标下环境评价方法支持系统的研究[J].环境科学动态,2000,(3).
- [7] 李鹤,张平宇,刘文新.1990年以来辽宁省环境与经济协调度评价[J].地理科学,2007,(4)

## A Factor Analysis on the Sustainable Development Coordination of China's Steel Industry

HUANG Ji-zhong<sup>1</sup> and WANG Xiao-yu<sup>2</sup>

(1. Center for Comparative Economic System, Liaoning University, Shenyang 110036, China;

2. Dandong Municipal Party School, Dandong 118000, China)

**Abstract:** Based on the data from three systems of China's steel industry including resource environment, economic performance and technological innovation, the article makes an evaluation of their comprehensive development by means of factor analysis. A computation model of sustainable development coordination is then put forward and used to measure the coordination degree of the three systems. Studies show that, since 2000, the resource environment and economic performance in China's steel industry have been basically coordinated while there are notable drawbacks in technological innovation which has affected the coordinated development of the other two systems.

**Key words:** China's steel industry; sustainable development; coordination degree

【责任编辑:裴鸿池 责任校对:文新】