

# 矿业城市矿产资源可持续力比较评价

余 敬, 高谋艳

中国地质大学管理学院, 湖北武汉 430074

**摘要:** 从发展和循环经济的观点看, 由于科技进步的贡献, 矿产资源不仅取决于现今已发现的矿产资源, 还依赖于未来新的和潜在的矿产资源以及替代资源。基于此, 提出“矿产资源可持续力”新概念, 以表征其对人类社会发展的贡献能力, 以系统论与可持续发展理论为基础, 建立了“矿产资源可持续力”概念模型及其指标体系, 以及区际间矿产资源可持续力的六因子评价模型, 对中国 50 座典型矿业城市进行了比较评价, 指出其可持续力演变规律为: 从矿业类型来看, 可持续力沿着石油、综合、冶金、煤炭类逐渐劣化; 从城市发展阶段来看, 沿着中、幼、老年顺序依次下降; 从城市地理分布来看, 沿着东、西、中部逐渐下降; 从城市规模来看, 按照小型、大型及以上、中型城市顺序依次下降。为国家开发矿业城市和矿业城市可持续发展提供了科学的决策依据。

**关键词:** 矿业城市; 矿产资源可持续力; 比较评价。

中图分类号: F407.1

文章编号: 1000-2383(2007)01-0123-07

收稿日期: 2006-04-12

## A Comparative Evaluation of Degree of Sustainable Development of Mineral Resources for a Mining City

YU Jing, GAO Mou-yan

School of Management, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

**Abstract:** In the perspective of development and circle economy, availability of mineral resources in a long term depends not only on their currently available amounts but also on future potential mineral resources (e. g., those undiscovered and low-grade ores) and substitutive renewable resources. Accordingly, a new concept of degree of sustainable development of mineral resources (DSDMR) is proposed to describe the ability of sustainable development of mineral resources to contribute to the development of human society. Its conceptual model, index system and regional six-factor judgment model are developed in the viewpoints of system science and sustainable development. They are used to evaluate the DSDMR of fifty representative Chinese mining cities in a quantitative way and their developing trends are indicated in the aspects of the type of mineral industry, age, location and size of the mining cities. The results show that the DSDMR of these Chinese mining cities decreases firstly in the type of mineral industry from petroleum to multi-resources to metallurgy to coal; secondly in city age from middle to young to old ages; thirdly in city location in China from eastern to western to central; and finally in city size from small to large and the above to middle. The results are expected to form a basis for decision-making in the exploration and the sustainable development of a mining city for a nation.

**Key words:** mining city; degree of sustainable development of mineral resources; comparative evaluation.

目前, 矿业城市创造的国内生产总值已占全国的 37%, 覆盖人口约 3.1 亿的 390 余座矿业城市中, 已有 47 座处于衰退期, 那么如何避免矿业城市

有可能陷入“矿竭城衰”的非持续发展困境, 研究和测度矿业城市矿产资源可持续发展对人类社会发展的贡献能力则显得尤为重要。已有的研究主要集中在

在矿业城市综合实力或竞争力评价上(孔令曦和韩传峰,2005;龙如银和何颜,2005),对矿业城市可持续发展能力的研究亟待加强.本文力图从系统学与可持续发展的观点出发,结合循环经济的思想,通过提出“矿产资源可持续力”新概念来表征矿业城市矿产资源可持续发展对人类社会发展的贡献能力,并通过建立区际间矿产资源可持续力的指标体系与评价模型,对我国 50 座典型矿业城市进行比较评价,指出其可持续力演变规律,以期为国家开发矿业城市和矿业城市可持续发展提供科学的决策依据.

## 1 矿产资源可持续力内涵及概念模型

### 1.1 矿产资源可持续力内涵

在前人矿产资源承载力、竞争力研究及相关研究的基础上,本文从系统学与可持续发展的观点出发,结合循环经济的思想,提出“矿产资源可持续力”(degree of sustainable development of mineral resources,简称 DSDMR)新概念,即在一定的科学技术和自然环境条件下,矿产资源在时间和空间上通过合理配置与替代,在质和量上满足人类社会发展的需要的能力(余敬和姚书振,2002; Yu *et al.*, 2005).合理的配置是指在当代与后代之间最优地分配有限的矿产资源以实现社会利益的最大化;替代是指用未来潜在的矿产资源和新发现的资源来代替现有的矿产资源,包括减少对矿产资源的消耗和高效地利用矿产资源.矿产资源可持续力的内涵包括:

(1)矿产资源可持续力是一个发展的概念,它既要反映矿产资源禀赋、结构等的总量特征,又要反映矿产资源可持续利用的能力.

(2)矿产资源可持续力是一个强调代际与区际矿产资源公平分配的概念.从时间维度上看,涉及代内和代际间不同人所需矿产资源的结构与数量;从空间维度上看,涉及不同区域从勘查、开发利用、到保护全过程矿产资源的可持续利用水平、能力和趋势.

(3)矿产资源可持续力是一个协调的概念.这种协调是矿产资源可持续力系统内部矿产资源、经济、社会、环境和智力等各子系统内部与彼此之间的协调,是其在时间与空间、数量与质量等多维度上使系统达到协同或和谐状态的协调.

可见,矿产资源可持续力是一个融数量、质量和时空维,强调发展、代际公平和协调的系统概念.它是由矿产资源、经济、社会(含人口)、环境和智力所

构成的反映矿产资源可持续利用状态、水平、能力和动态趋势的复杂系统.

### 1.2 矿产资源可持续力的概念模型

矿产资源可持续力(DSDMR)的概念模型(余敬和姚书振,2002; Yu *et al.*, 2005)可表示为:

$$DSDMR = f(u_1, u_2),$$

其中,  $u_1$  用以表征发展力,  $u_2$  用以表征协调力.

按照系统学和可持续发展的观点(Clayton and Radcliffe, 1996),矿产资源可持续力作为一个系统,由矿产资源、经济、社会(含人口)、环境与智力等子系统组成.其大小取决于系统内各个子系统的状态和结构以及其相互联系、相互作用的状况.它们分别代表着矿产资源可持续力系统的发展与协调功能,本文将之定义为发展力与协调力.

发展力( $u_1$ )用以反映矿产资源可持续力系统内部矿产资源、经济、社会、环境和智力等要素结构和状态,协调力( $u_2$ )用以反映矿产资源可持续力系统内矿产资源、经济、社会、环境和智力各要素自身的协调以及各要素之间相互联系相互作用的协调性.发展力通过资源禀赋和开发条件( $u_{11}$ )、经济发展与效益( $u_{12}$ )、社会发展和生活质量( $u_{13}$ )、环境影响( $u_{14}$ )、智力水平( $u_{15}$ )来表征,协调力则通过资源转化效率( $u_{21}$ )、经济协调度( $u_{22}$ )、社会协调度( $u_{23}$ )、环境协调度( $u_{24}$ )、智力协调度( $u_{25}$ )来表征.

发展力与协调力可表示为:

$$u_1 = f(u_{11}, u_{12}, u_{13}, u_{14}, u_{15}),$$

$$u_2 = f(u_{21}, u_{22}, u_{23}, u_{24}, u_{25}).$$

矿产资源可持续力的增强取决于矿产资源可持续力系统内各要素的量的增加和利用效率的提高,以及结构变化.

## 2 矿业城市矿产资源可持续力指标体系构建

考虑到指标数据的可获取性、动态可比性以及计算机软件的要求,同时结合矿业城市的实际,本文所设计的可持续力指标及其功能和度量如表 1 所示.

## 3 区际间矿产资源可持续力比较评价

### 3.1 研究样本的选取

考虑到数据的易得性,本文主要采用张以诚

表 1 区际间矿产资源可持续力评价指标、功能及度量表

Table 1 Regional evaluation index, function and its measurement of DSDMR

目标	准则	要素	指标	单位	指标功能	度量
u <sub>1</sub>	资源禀赋和开发条件	u <sub>11</sub>	u <sub>111</sub> 人均 45 种矿产工业储量潜在价值	万元/人	反映矿产资源禀赋、要素结构	45 种矿产工业储量潜在价值/平均人口数
			u <sub>112</sub> 人均拥有土地面积	m <sup>2</sup> /人	反映土地资源压力状况	建成区土地面积/市辖区年末总人口数
			u <sub>113</sub> 矿产资源供应压力		反映矿产资源的供应能力, 表征资源支撑潜力	矿产资源供应压力=矿业城市能源消费份额-矿业城市矿产资源贡献份额=矿业城市全年用电量占全国全年用电总量比重-矿业城市 45 种矿产工业储量潜在价值占全国总价值比重
	经济发展与效益	u <sub>12</sub>	u <sub>114</sub> 主要矿产资源聚集度	万元/km <sup>2</sup>	反映资源空间分布、地域结构	45 种矿产工业储量潜在价值/土地面积
			u <sub>121</sub> 人均 GDP	元/人	反映经济规模、经济发展水平	GDP/平均人口数
			u <sub>122</sub> 人均固定资产净值	万元/人	反映经济推动力、经济发展水平	固定资产净值年平均余额/年平均从业人数
			u <sub>123</sub> 每百元工业总产值实现的利税	元	反映生产产出与财务成果间关系、经济效益	工业企业利税总额/工业总产值
			u <sub>124</sub> 人均实际利用外资数	美元/人	反映城市全球化水平	当年实际使用外资金额/年平均人口数
			社会发展和生活质量	u <sub>13</sub>	u <sub>131</sub> 人口自然增长率	%
	u <sub>132</sub> 非矿业人口占总人口比例	%			反映社会人口结构、社会发展水平	(1-矿业从业人数/从业总人数)×100%
	u <sub>133</sub> 人均储蓄年末余额	元/人			反映生活条件、生活水平	城乡居民储蓄年末余额/年末总人口
	环境影响	u <sub>14</sub>			u <sub>141</sub> 环境污染指数	
			u <sub>151</sub> 每百人公共图书馆藏书	册/件	反映城市的学习能力	公共图书馆图书总藏量/年平均人口数
u <sub>152</sub> 人均电信业务总量			元/人	反映信息化水平、科技贡献能力	电信业务收入/年平均人口数	
u <sub>2</sub>	资源转化效率	u <sub>21</sub>	u <sub>211</sub> 资源转化效率	%	反映生物转化效率、经济转化效率	用生物转化效率指数、经济转化效率指数两者的平均值来表征
			u <sub>221</sub> 第三产业增加值占 GDP 的比重	%	反映经济结构合理程度、产业间的协调	第三产业增加值/GDP
	经济协调度	u <sub>22</sub>	u <sub>222</sub> 盈利增长率	%	反映经济发展对资源、社会、环境和智力协调作用	(第 n 年净利润/第 n-1 年净利润-1)×100%
			u <sub>223</sub> 万元 GDP 用电量	kW·h/万元	反映资源使用强度、经济集约化程度、资源与经济间协调作用	全年用电量/GDP
	社会协调度	u <sub>23</sub>	u <sub>231</sub> 城镇就业率	%	反映社会稳定状况、社会安全水平	[1-城镇登记失业人数/(单位从业人数+城镇登记失业人数)]×100%
			u <sub>232</sub> 每十万人拥有医院床位数	人	反映社会保障程度	医院床位数/年平均人口数
	环境协调度	u <sub>24</sub>	u <sub>241</sub> 万元 GDP 环 保投资额	元	反映环境治理投入水平、环境与经济间协调作用	污染治理投资额/GDP
			u <sub>242</sub> 工业废物综合处理率	%	反映环境治理水平、环境与智力间的协调作用	(工业固体废物综合利用率+工业废水排放达标率)/2
			u <sub>243</sub> 人均园林绿地面积	m <sup>2</sup> /人	反映生态保护水平、环境与智力间的协调作用	园林绿地面积/年平均人口数
	智力协调度	u <sub>25</sub>	u <sub>251</sub> 教育经费占 GDP 比例	%	反映教育投入、智力系统中教育与经济间协调作用	教育事业经费支出/GDP
u <sub>252</sub> 万人在校大学生数			人	反映教育规模与成就、智力系统中教育与社会人口间的协调作用	大学生在校生数/年末总人口数	
u <sub>253</sub> 科技事业费占 GDP 比例			%	反映科技经费投入、智力系统中科技与经济间的协调作用	科学事业费支出/GDP	

(1999)提出的“支柱·一〇·一五·传统”标准,同时综合其他学者(周德群等,2002;龙如银和何颜,2005)的观点来选取研究样本,具体标准如下:  
标准一:以矿业产值在工业总产值中所占比例

表 2 因子名称及因子所含变量

Table 2 Controlling variables of the six major factors

第一因子	第二因子	第三因子	第四因子	第五因子	第六因子
城市经济实力	资源禀赋、环境污染与治理水平	资源、环境、经济与智力协调水平	资源与人口压力	教育与科技实力	城市现代化水平
$u_{123}$ 每百元工业总产值实现的利税; $u_{121}$ 人均 GDP; $u_{122}$ 人均固定资产净值; $u_{221}$ 第三产业增加值占 GDP 的比重; $u_{133}$ 人均储蓄年末余额; $u_{132}$ 非矿业人口占总人口比例	$u_{114}$ 主要矿产资源聚集度; $u_{111}$ 人均 45 种矿产工业储量潜在价值; $u_{232}$ 每十万人拥有医院床位数; $u_{241}$ 万元 GDP 环保投资额; $u_{141}$ 环境污染指数; $u_{242}$ 工业废物综合处理率	$u_{112}$ 人均拥有土地面积; $u_{151}$ 每百人公共图书馆藏书; $u_{243}$ 人均园林绿地面积; $u_{223}$ 万元 GDP 用电量	$u_{211}$ 资源转化效率; $u_{231}$ 城镇就业率; $u_{131}$ 人口自然增长率; $u_{113}$ 矿产资源供应压力	$u_{251}$ 教育经费占 GDP 比例; $u_{253}$ 科技事业费占 GDP 比例; $u_{222}$ 盈利增长率	$u_{252}$ 万人在校大学生数; $u_{124}$ 人均实际利用外资数; $u_{152}$ 人均电信业务总量

作为衡量矿业城市的标准,相应的阈值为 10%。其理由是:如果矿业产值占工业总产值的 10% 以上,再加上与此相关的交通运输、制造加工、服务等行业,其产值总和将大大超过 10%,城市的经济发展已呈现出明显的矿业特征。

标准二:以矿业职工在城市全部就业人口中的比重作为衡量矿业城市的标准,相应的阈值为 15%。

标准三:对于不满足标准一或二的其他城市,视其矿业是否是或曾经是城市的支柱产业或城市的传统产业(矿业产值虽已低于工业产值 10%,但其承载的传统矿业经济功能仍然发挥巨大作用)。

与此同时,本文还综合考虑了矿业城市所处发展阶段、矿业类型、地理分布与城市规模等因素,从 78 个地级市矿业城市中选取了 50 个作为实证研究对象(表 4),从而使得所选取的样本具有代表性。

### 3.2 数据来源

本文分析所用矿业城市数据来自《中国城市统计年鉴》(2003, 2004)、《中国矿业年鉴》(2003)、《中国可持续发展战略报告》(2000)等,考虑到城市间的可比性,本文采用不含市辖县的市辖区数据。几个重要数据说明如下:(1)矿业从业人数包括采掘业与科研、技术服务和地质勘查业从业人数;(2)由于缺乏部分矿业城市的有关统计数据,为了统一统计口径,少数指标采用了其所在省份的数值代替。如人均 45 种矿产工业储量潜在价值、矿产资源供应压力、主要矿产资源聚集度、资源转化效率等;(3)矿业城市能源消耗量用全年用电量代替。

### 3.3 可持续比较评价

本文采用 SPSS12.0 分析软件中因子分析法对 50 个矿业城市 2002、2003 年的数据进行分析,前 6 个因子的累计贡献率达到 70.742%,提取 6 个主因子,分别定义为  $F_1$ 、 $F_2$ 、 $F_3$ 、 $F_4$ 、 $F_5$  和  $F_6$ ,则矿业城

市矿产资源可持续力的比较模型为:

$$F = 0.28057F_1 + 0.19645F_2 + 0.15793F_3 + 0.15121F_4 + 0.11401F_5 + 0.09986F_6.$$

6 个主要影响因子中,第一因子由指标  $u_{123}$ 、 $u_{121}$ 、 $u_{122}$ 、 $u_{221}$ 、 $u_{133}$ 、 $u_{132}$  组成,其中  $u_{123}$ 、 $u_{121}$ 、 $u_{122}$ 、 $u_{221}$  属于经济子系统;  $u_{133}$ 、 $u_{132}$  虽属于社会子系统,但  $u_{133}$  表征的是居民经济收入和消费水平;  $u_{132}$  反映人口与劳动力结构,衡量的是经济现代化水平,由此将之定义为城市经济实力因子。第二因子由指标  $u_{114}$ 、 $u_{111}$ 、 $u_{232}$ 、 $u_{241}$ 、 $u_{141}$ 、 $u_{242}$  组成,其中  $u_{114}$ 、 $u_{111}$  属于资源子系统,反映资源空间分布、禀赋与潜力;  $u_{232}$  属于社会子系统,反映社会保障程度;  $u_{141}$ 、 $u_{241}$ 、 $u_{242}$  属于环境子系统,反映环境污染程度与治理水平、以及与经济、智力间的协调能力,因此将之定义为资源禀赋、环境污染与治理水平因子。第三因子由指标  $u_{112}$ 、 $u_{151}$ 、 $u_{243}$ 、 $u_{223}$  组成,分别属于资源、智力、环境与经济子系统,用以衡量城市人均资源拥有、城市绿化与资源消耗状况,因此将之定义为资源、环境、经济与智力协调水平因子。第四因子由指标  $u_{211}$ 、 $u_{231}$ 、 $u_{131}$ 、 $u_{113}$  组成,其中  $u_{211}$ 、 $u_{113}$  属于资源子系统,反映资源转化效率与供应能力;  $u_{131}$ 、 $u_{231}$  属于社会(人口)子系统,反映人口规模与就业压力,因此将之定义为资源与人口压力因子。第五因子由指标  $u_{251}$ 、 $u_{253}$ 、 $u_{222}$  组成,其中  $u_{251}$ 、 $u_{253}$  属于智力子系统,反映教育与科技投入及与经济间的协调状况;  $u_{222}$  反映经济发展对其他子系统的贡献能力,因此将之定义为教育与科技实力因子。最后一个因子由指标  $u_{252}$ 、 $u_{124}$ 、 $u_{152}$  组成,其中  $u_{252}$ 、 $u_{152}$  属于智力子系统,分别反映教育规模与成就、教育与社会人口间的协调能力,以及信息化水平与科技的贡献能力;  $u_{124}$  属于经济子系统,反映城市全球化水平,因此将之定义为城市现代化水平因子。因子名称及其所包含变量如表 2 所示。

表 3 2003 年全国 50 座矿业城市矿产资源可持续力得分及排序

Table 3 Score and order of DSDMR for fifty Chinese mining cities in 2003

城市	发展阶段	矿业类型	地区	规模	排名	得分	城市	发展阶段	矿业类型	地区	规模	排名	得分
大庆	中年	石油	2	D	1	1.123 0	朔州	幼年	煤炭	2	Z	26	-0.038 2
盘锦	中年	石油	1	Z	2	0.871 6	铜陵	中年	有色	2	X	27	-0.064 8
晋城	中年	煤炭	2	X	3	0.821 3	金昌	中年	有色	3	X	28	-0.088 9
东营	中年	石油	1	Z	4	0.723 0	阜新	老年	煤炭	1	Z	29	-0.091 4
克拉玛依	中年	石油	3	X	5	0.719 7	濮阳	中年	石油	2	Z	30	-0.099 0
鞍山	中年	冶金	1	D	6	0.677 5	徐州	中年	煤炭	1	D	31	-0.112 9
本溪	中年	冶金	1	Z	7	0.422 7	白银	中年	有色	3	X	32	-0.133 7
辽源	中年	综合	2	X	8	0.385 9	六盘水	中年	煤炭	3	X	33	-0.178 2
大同	老年	煤炭	2	D	9	0.320 9	焦作	老年	煤炭	2	Z	34	-0.183 4
黄石	中年	冶金	2	Z	10	0.315 1	双鸭山	中年	煤炭	2	Z	35	-0.239 6
白山	中年	综合	2	X	11	0.293 4	郴州	中年	有色	2	Z	36	-0.291 4
榆林	幼年	综合	3	X	12	0.268 0	鹤岗	老年	煤炭	2	Z	37	-0.316 3
韶关	老年	综合	1	Z	13	0.265 9	七台河	幼年	煤炭	2	Z	38	-0.359 0
攀枝花	中年	冶金	3	Z	14	0.263 9	平顶山	中年	煤炭	2	Z	39	-0.361 4
阳泉	中年	煤炭	2	Z	15	0.243 5	茂名	中年	石油	1	D	40	-0.366 0
邯郸	中年	冶金	1	D	16	0.202 4	鸡西	老年	煤炭	2	Z	41	-0.390 0
包头	中年	冶金	2	T	17	0.159 1	萍乡	老年	煤炭	2	Z	42	-0.428 0
唐山	中年	综合	1	T	18	0.154 2	莱芜	中年	冶金	1	D	43	-0.474 7
嘉峪关	中年	冶金	3	X	19	0.130 3	枣庄	中年	煤炭	1	T	44	-0.510 1
抚顺	老年	煤炭	1	D	20	0.118 7	鹤壁	老年	煤炭	2	Z	45	-0.556 9
石嘴山	中年	煤炭	3	X	21	0.072 4	淮北	中年	煤炭	2	Z	46	-0.619 8
三门峡	中年	黄金	2	X	22	0.023 9	淮南	中年	煤炭	2	D	47	-0.634 2
松源	幼年	石油	2	Z	23	0.004 6	铜川	中年	煤炭	3	Z	48	-0.645 4
马鞍山	中年	冶金	2	Z	24	-0.023 4	新余	中年	冶金	2	Z	49	-0.668 9
乌海	中年	煤炭	2	X	25	-0.026 6	鄂州	中年	有色	2	D	50	-0.678 8

注:地区分布栏中 1. 东部地区;2. 中部地区;3. 西部地区;规模栏中 T. 特大型城市;D. 大型城市;Z. 中型城市;X. 小型城市;资料来源:发展阶段与主要矿业类型的资料来自 <http://www.chinamining.com.cn/city/city.asp>;城市规模根据《中国城市统计年鉴》(2004)的相关数据计算整理。

通过 SPSS12.0 统计软件自动计算出 2003 年全国 50 座矿业城市矿产资源可持续力得分及排序(表 3)。同理,运用 SPSS12.0 中因子分析法进行分析,提取累计贡献率分别为 77.451%和 77.467%的前 5 个因子,建立矿业城市矿产资源发展力与协调力的比较模型:

$$F = 0.35779F_1 + 0.22782F_2 + 0.18067F_3 + 0.14738F_4 + 0.08634F_5,$$

$$F = 0.31561F_1 + 0.22027F_2 + 0.18638F_3 + 0.14990F_4 + 0.12784F_5.$$

根据所建立的可持续力、发展力、协调力比较模型,分别计算出不同类型、不同发展阶段、不同地区以及不同规模 50 座矿业城市可持续力、发展力、协调力平均得分及排序如表 4、5、6、7 所示。

### 3.4 结果分析

3.4.1 50 个矿业城市可持续力排名分析 可持续力排名前 10 位中,石油类城市 4 个,冶金类 3 个,综

表 4 不同类型矿业城市可持续力、发展力、协调力平均得分及排序

Table 4 Average score and order of DSDMR, DP and CP in different types of mining cities

类型	可持续力		发展力		协调力	
	均分	排名	均分	排名	均分	排名
石油类矿业城市	0.425 3	1	0.545 9	1	0.424 3	1
综合类矿业城市	0.273 5	2	0.026 4	2	0.395 3	2
冶金类矿业城市	-0.014 4	3	0.005 1	3	-0.178 7	4
煤炭类矿业城市	-0.187 0	4	-0.183 4	4	-0.094 9	3

合类 1 个,煤炭类 2 个。从矿业类型来看,有 4 个石油类城市位居前 5 位,说明矿业类型是影响可持续力的重要因素。从发展阶段来看,除了大同步入老年期外,其余 9 个都处于中年期,可见中年矿业城市的可持续力较强,说明城市所处的发展阶段也是影响可持续力的重要因素。从地理分布来看,东、中与西部城市各为 4、5、1 个,说明东、中部城市的可持续力较西部为强。从城市规模来看,大、中与小型城市各

表 5 不同发展阶段矿业城市可持续力、发展力、协调力平均得分及排序

Table 5 Average score and order of DSDMR, DP and CP in different developing phases of mining cities

发展阶段	可持续力		发展力		协调力	
	均分	排名	均分	排名	均分	排名
老年矿业城市	-0.140 1	3	-0.129 0	2	-0.054 7	3
中年矿业城市	0.037 4	1	0.060 1	1	-0.035 6	2
幼年矿业城市	-0.031 2	2	-0.265 5	3	0.452 8	1

表 6 不同地区矿业城市可持续力、发展力、协调力平均得分及排序

Table 6 Average score and order of DSDMR, DP and CP in different regions of mining cities

地区	可持续力		发展力		协调力	
	均分	排名	均分	排名	均分	排名
东部矿业城市	0.144 7	1	0.337 8	1	0.083 7	1
中部矿业城市	-0.081 8	3	-0.089 7	2	-0.027 2	2
西部矿业城市	0.045 3	2	-0.208 9	3	-0.036 4	3

表 7 不同规模矿业城市可持续力、发展力、协调力平均得分及排序

Table 7 Average score and order of DSDMR, DP and CP in different sizes of mining cities

规模	可持续力		发展力		协调力	
	均分	排名	均分	排名	均分	排名
大型及以上矿业城市	-0.001 6	2	0.204 6	1	-0.037 1	3
中型矿业城市	-0.091 7	3	-0.065 6	2	0.034 9	1
小型矿业城市	0.171 0	1	-0.083 5	3	-0.027 3	2

为 3、4、3 个。

在排名最后 10 位中,从矿业类型来看,煤炭类城市 7 个,冶金类 3 个。从发展阶段来看,老年城市 3 个,中年城市 7 个。从地理分布来看,东、中与西部城市各为 2、7、1 个。从城市规模来看,特大、大、中型城市各为 1、3、6 个。

排名 11 到 20 位的城市中,综合、冶金类各 4 个,煤炭类 2 个。处于老、中、幼年期的城市分别为 2、7、1 个,东、中与西部城市各为 4、3、3 个,特大、大、中与小型城市各为 2、2、3、3 个。排名 21 到 30 位的城市中,煤炭、冶金类各 4 个,石油类 2 个。中、小型城市各 5 个,处于老、中、幼年期的城市分别为 1、7、2 个,东、中与西部城市各为 1、7、2 个。排名 31 到 40 位的城市中,煤炭类 7 个,冶金类 2 个,石油类 1 个。处于老、中、幼年期的城市分别为 2、7、1 个,东、中与西部城市各为 2、6、2 个,大、中与小型城市各为

2、6、2 个。

通过计算可以得出,22 个煤炭类城市平均排名为 32.1818 位,其中排名最后 10 位、最后 11~20 位中煤炭类城市各有 7 个。可见,煤炭类城市的总体排名落后于其他类型的城市。

7 个石油类城市中,大庆、盘锦、东营、克拉玛依分别占据了前 10 位中的第 1、2、4、5 位,另外 3 个城市分别排在第 23、30、40 位。石油类城市的平均排名为 15 位,说明其总体排名位于所有类型城市之首。

冶金类城市排名差距比较明显,有 3 个城市排名较前,分别是第 6、7 和 10 位;有 3 个城市排名较后,分别是 43、49 和 50 位;其他 10 个均在 14 到 36 位之间,其中小型冶金类城市排名较后。冶金类城市的平均排名为 25 位,在四类城市中排名处于中下游。

5 个综合类城市的排名均在前 20 位,其中辽源进入前 10 位,其余 4 个城市在 11 和 20 位之间,在四类城市中排名处于中上游。

3.4.2 50 个矿业城市可持续力对比分析 (1) 不同类型矿业城市可持续力对比分析。如表 4 所示,石油类城市可持续力以 0.425 3 的均分排在第一位,说明其可持续力高于其他类型的城市。综合类城市可持续力均分为 0.273 5,居第二位,冶金、煤炭类城市可持续力均分分别排在第三、四位,其得分为负值,说明可持续力低于平均水平。煤炭类城市平均排名最后,这与前面所获得的结论相一致。从发展力得分来看,矿业城市发展力沿着石油、综合、冶金、煤炭类逐渐下降。石油类城市以均分 0.545 9 居第一位,且与其他三类城市的得分相差较大,说明其发展力远远高于其他类型的城市。综合和冶金类城市发展力高于平均水平,煤炭类城市发展力低于平均水平。从协调力得分来看,矿业城市协调力沿着石油、综合、煤炭、冶金类逐渐下降。石油和综合类城市协调力较强,其均分远高于冶金和煤炭类城市。

(2) 不同发展阶段矿业城市可持续力对比分析。如表 5 所示,中年矿业城市可持续力最强,其次是幼年,最后是老年矿业城市,可持续力沿着中、幼、老年顺序依次下降。中年矿业城市可持续力高于平均水平,老、幼年矿业城市可持续力低于平均水平。发展力沿着中、老、幼年顺序依次下降,中年矿业城市发展力高于平均水平,而老、幼年矿业城市发展力低于平均水平。协调力沿着幼、中、老年顺序依次下降,幼年矿业城市协调力最强,远远高于中、老年矿业城市,而中、老年矿业城市协调力均低于平均水平。

(3)不同地区矿业城市可持续力对比分析。如表6所示,东部矿业城市可持续力最强,其次是西部,最后是中部,可持续力沿着东、西、中部逐渐下降。发展力和协调力均沿着东、中、西部逐渐下降。东部矿业城市发展力和协调力均高于平均水平,且东部矿业城市的发展力远远高于中、西部矿业城市,而中、西部矿业城市发展力和协调力均低于平均水平。这主要与东部矿业城市经济实力强、教育与科技实力强、城市现代化水平较高等有关。

(4)不同规模矿业城市可持续力对比分析。如表7所示,矿业城市可持续力按照小型、大型及以上、中型城市顺序依次下降。只有小型矿业城市可持续力高于平均水平,中型、大型及以上矿业城市可持续力低于平均水平。发展力按照大型及以上、中型、小型城市顺序依次下降,协调力按照中型、小型、大型及以上城市顺序依次下降。

## 4 结论

本文提出了“矿产资源可持续力”新概念,即指在一定的科学技术和自然环境条件下,矿产资源在时间和空间上通过合理配置与替代,在质和量上满足人类社会发展的需要的能力。其概念模型为  $DSD-MR=f(u_1, u_2)$ 。通过对我国50座代表性矿业城市矿产资源可持续力的测算和比较评价,确定出影响可持续力的6个关键因子是:城市经济实力、资源禀赋、环境污染与治理水平,资源、环境、经济与智力协调水平,资源与人口压力,教育与科技实力和城市现代化水平,并得到可持续力与所依托的资源种类、城市地理分布、规模、以及所处发展阶段有关的结论。从矿业类型来看,可持续力沿着石油、综合、冶金、煤炭类逐渐劣化;从城市发展阶段来看,沿着中、幼、老年顺序依次下降;从城市地理分布来看,沿着东、西、中部逐渐下降;从城市规模来看,按照小型、大型及以上、中型城市顺序依次下降。

## References

Chinese Research Group of Sustainable Development, 2000, 2005. Chinese strategy report for sustainable development. Science Press, Beijing (in Chinese).  
Clayton, M. H., Radcliffe, N. J., 1996. Sustainability: A systems approach. Earth Scan Publications Ltd., London.  
Editorial Board of Yearbook of Chinese Mining Industry,

2004. Yearbook of Chinese mining industry (2003). Earthquake Press, Beijing (in Chinese).  
Kong, L. X., Han, C. F., 2005. Method for evaluating mining city's comprehension competitiveness. *Journal of Tongji University (Natural Science)*, 33(2): 280—284 (in Chinese).  
Long, R. Y., He, Y., 2005. Evaluation and comparative research of overall strength of mining cities. *China Mining Magazine*, 14(5): 26—29 (in Chinese).  
State Bureau of Statistic, 2004, 2005. Urban statistical yearbook of China (2003, 2004). China Statistics Press, Beijing (in Chinese).  
Yu, J., Yao, S. Z., Chen, R. Q., et al., 2005. A quantitative integrated evaluation of sustainable development of mineral resources of a mining city: A case study of Huangshi, eastern China. *Resources Policy*, 30(1): 7—19.  
Yu, J., Yao, S. Z., 2002. Degree of sustainable development of mineral resources and system construction. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 27(1): 85—89 (in Chinese with English abstract).  
Zhang, Y. C., 1999. Status-of-art of mining cities and countermeasure of sustainable development in China. *Journal of China University of Mining and Technology (Social Science)*, 10: 76—80 (in Chinese with English abstract).  
Zhou, D. Q., Tang, J. Y., Cheng, D. Q., 2002. Study on mining cities in China: Structure, evolution and development. China University of Mining and Technology Press, Xuzhou (in Chinese).

## 附中文参考文献

中国可持续发展研究组, 2000, 2005. 中国可持续发展战略报告. 北京: 科学出版社.  
中国矿业年鉴编辑部, 2004. 中国矿业年鉴(2003). 北京: 地震出版社.  
孔令曦, 韩传峰, 2005. 我国矿业城市综合竞争力评价方法. 同济大学学报(自然科学版), 33(2): 280—284.  
龙如银, 何颜, 2005. 矿业城市综合实力的评价与比较研究. 中国矿业, 14(5): 26—29.  
国家统计局, 2004, 2005. 中国城市统计年鉴(2003, 2004). 北京: 中国统计出版社.  
余敬, 姚书振, 2002. 矿产资源可持续力及其系统构建. 地球科学——中国地质大学学报, 27(1): 85—89.  
张以诚, 1999. 我国矿业城市现状和可持续发展对策. 中国矿业大学学报(社会科学版), 10: 76—80.  
周德群, 汤建影, 程东全, 2002. 中国矿业城市研究——结构、演变和发展. 徐州: 中国矿业大学出版社.