第三十一卷 第二期 地 球 学 报 Vol.31 No.2
二〇一〇年四月: 137-147 Acta Geoscientica Sinica Apr. 2010: 137-147
www.cagsbulletin.com www.地球学报.com

矿产资源需求理论与模型预测

王安建，王高尚，陈其慎，于汶加
中国地质科学院全球矿产资源战略研究中心，北京 100037

摘 要：本文介绍了以人均矿产资源消费与人均 GDP “ S ”形规律、矿产资源消费强度变化倒 “ U ”形规律和矿产资源需求波次递进规律等为核心的能源和矿产资源需求理论，以及以此为基础建立的能源与矿产资源需求综合预测模型；系统预测了 2010-2030 年全球及中国一次能源、粗钢、铜、铝需求趋势，并与其他预测方法和预测结果进行了对比，论证了这一理论模型的先进性和预测结果的可靠性。

关键词：矿产资源；需求理论；模型；预测
中图分类号：F113.3; F113.4; F123.2 文献标志码：A 文章编号：1006-3021(2010)02-137-11

The Mineral Resources Demand Theory and the Prediction Model

WANG An-jian, WANG Gao-shang, CHEN Qi-shen, YU Wen-jia
Research Center for Strategy of Global Mineral Resources, CAGS, Beijing 100037

Abstract: This paper describes the energy and mineral resources demand theory centered on capita mineral resources consumption and capita GDP S-shaped rules, mineral resources consumption intensity reverse U-shaped rules and progressive laws of wave rules for mineral resources demand, and the energy and mineral resources synthetic prediction model based on the demand theory. The primary energy, crude steel, copper and aluminum demand tendency in China and the whole globe between 2010 and 2030 was predicted by using this model, and the results were compared with the results obtained by other prediction methods. On such a basis, it is concluded that this theoretical model is advanced and reliable.

Key words: mineral resources; demand theory; model; prediction

CAGS

中长期资源需求预测是国家战略规划和企业投资决策的重要依据，也是全球化条件下各利益集团战略博弈关注的要点，因而备受国际社会重视，众多研究机构致力于此。然而，由于缺少资源需求理论支撑，预测方法多种多样，预测结果往往十分离散，且与实际情况存在较大偏差(Energy Information of Administration, 1995, 2006, 2007; International Energy Agency, 1998, 2008)。

国内外资源需求预测的方法可大致划分为数学模型法、投入产出法、类比法和部门分析法。**一、数学模型法**，数学模型法可分为趋势外推法、回归分析法、灰色预测法等三种方法。趋势外推法是根据历史轨迹推断未来的一种简单数学方法，只适用于短期趋势分析，如用作中长期预测则会产生难以预料的偏差(陶菊春, 2005)。回归分析法是根据事物的因果关系，利用数理统计方法建立因变量与自变量之间的回归函数，并依此预测未来的一种数学方法。这种方法用于不断演进的复杂的资源与经济社会发展系统，往往限于有限的因果关系而难以正确反映事物之间的内在联系，预测结果往往存在很大的误差(柳彬德,张丽峰，2009；李龙全,魏晓平,张炎治，2007)。灰色预测法是基于灰色系统论的预测方法，其基本原理是通过鉴别资源需求与经济社会发展各系统因素之间发展趋势的相异程度，即进行关

本文由地质调查项目(编号：N0702)和国家开发银行研究项目(编号：E0811)联合资助，获中国地质科学院 2009 年度十大科技进展第六名。
收稿日期: 2010-03-24；改回日期: 2010-04-08。
第一作者简介：王安建，男, 1953 年生。教授，博士生导师。长期从事矿床经济学和矿产资源战略研究。通讯地址: 100037，北京市西城区百万庄大街 26 号。电话 010-68999655。E-mail: ajwang@cags.net.cn。

联分析，并对原始数据进行生成处理来寻找系统变动的规律，生成有较强规律性的数据序列，然后建立相应的微分方程模型，从而预测事物未来发展趋势(冯述虎, 2007；高丽敏, 2001)。这一方法依然是建立在对资源与经济发展关系是“模糊”和“不确定”的认识基础上的一种数学方法。**二、类比法**，该方法是将某一国家与另一相似国家进行类比，分析异同，推论预测国的资源需求趋势，是一种不严格的半定量预测方法(仇惠丽, 2009)。**三、投入产出法**，该方法是研究经济体系(国民经济、地区经济、部门经济、公司或企业经济单位)中各个部分之间投入与产出相互依存关系的计量经济学方法。使用该方法的前提是整个系统较为稳定，同时系统内各单元之间的关系是固定不变的(罗向龙,赵亮，2003；仇惠丽, 2009)。弹性系数法、消费强度法也属于此类方法的范畴。这一方法的前提决定了其用于中长期需求预测存在系统不确定性。**四、部门分析法**，该方法按消费结构划分消费部门，通过对各部门发展趋势的层次分析和判断，预测矿产资源的总体需求，这一方法被国内外普遍采用(郭云涛，2004；International Energy Agency, 2008; Energy Information of Administration, 2008; IEA. World Energy Model - Methodology and Assumptions, 2008)。然而这一建立在部门预测基础上的总体预测，误差往往会被放大，如IEA在中国能源需求预测中，对中国钢铁、水泥等部门发展趋势的不合理判断，直接影响了对中国能源总体需求趋势的判断。

实际预测中，研究者往往运用上述各种方法组合进行综合分析，并根据实际情况，对预测结果进行人工干预(汪涛, 2007；卢二坡, 2005, 2006)。总体而言，这些方法的共同缺陷是缺少资源需求理论支撑，对资源需求与经济社会发展各要 素之间内在规律掌握不够，造成预测结果普遍存在偏差。

本文通过对先期工业化国家(英、法、德、美等)、新兴工业化国家和地区(日本、韩国、中国台湾等)和典型发展中国家(巴西、印度、中国等)等数十个国家和地区近 200 年以来资源消费与经济社会发展诸要素的深入分析，揭示了资源消费与经济社会发展之间的一系列重要规律，建立了以人均资源消费与人均 GDP“S”形规律、资源消费强度“倒 U” 形规律、资源消费波次递进规律等为特点的资源需求理论体系(王安建,王高尚,张建华等，2002；王安建,王高尚等, 2008)。以该理论为基础，建立了以人均资源消费和人均 GDP 为核心指标，以宏观资源经济要素(产业结构、城市化率、资源价格、消费强度、消费弹性等)为约束性指标、以基础设施建设与财富积累水平为参考指标、按发展程度划分预测单元的全球资源需求预测模型和指标体系，对 2010-2030 年全球及中国能源、钢、铜、铝需求进行了预测。

1 矿产资源需求理论

本研究以一次能源、钢、水泥、铜、铝等为样本，以人均 PPP(购买力平价)作为国家间经济发展程度的对比基础。这一理论体系主要包括人均资源消费与人均 GDP 的“S”形规律、资源消费强度的“倒 U”形规律、消费弹性系数变化规律以及资源消费的波次递进规律。

1.1 人均能源和矿产资源消费与人均 GDP 全周期“S”形规律

这一规律揭示了人均资源消费与人均 GDP 之间的相关关系及重要参数。

1.1.1 “S”形规律的描述及其内涵

人均能源和矿产资源消费与人均 GDP 的相关规律是矿产资源需求理论最重要的组成部分。研究表明，从农业社会－工业社会－后工业化社会，人均资源消费与人均 GDP 呈现全周期“S”形变化关系，即农业社会人均资源消费呈低缓增长趋势，工业化发展阶段呈快速增长趋势，之后随着经济结构的转变、社会财富积累水平不断提高和基础设施日趋完善，各类资源的人均需求陆续达到顶点，不再增长，并趋于下降(图 1，图 2，图 3)。资源消费的起飞点(矿产资源需求开始进入高增长期)、转折点(矿产资源需求增速减缓)和零增长点(矿产资源需求到达顶点)是“S”形模型的三个重要转变点，对应于经济结构的重大转型期的开始。由于不同资源的性质和在国民经济中的用途不同，“S”形曲线的形态和三个转变点的位置也不同。同时，由于不同国家工业化时代、经济发展模式以及消费理念的差异，造成“S”形曲线顶点高低的差异。作者在先前的文章中曾论述过工业化过程中人均能源和矿产资源消费呈现近线性增长的规律(王安建等，2002；王安建等，2008)，本质上它是“S”形曲线的一部分。这些发现对资源需求分析和能源政策调整具有至关重要的指导意义。

1.1.2 “S”形曲线的三个重要转变点

对一次能源、钢、水泥、铜、铝人均需求规律的深入研究表明，不同国家同一种资源人均消费“S”形曲线的三个转变点——起飞点、转折点和零增长点对应的人均 GDP 水平具有相对集中的数值，这些转变点与经济结构的重大变化具有密切的

CAGS

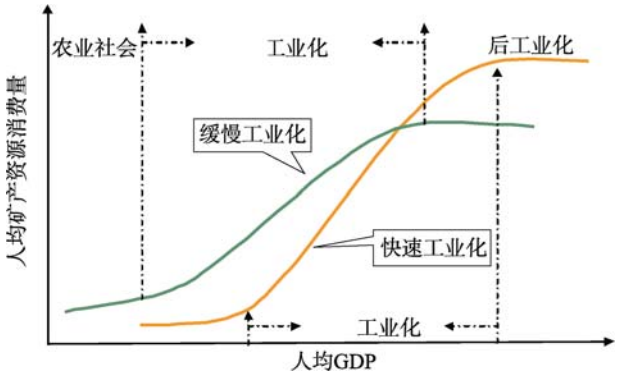


图 1　人均矿产资源消费与人均 GDP“S”形规律

Fig. 1　Capita mineral resources consumption and capita GDP S-shaped rules

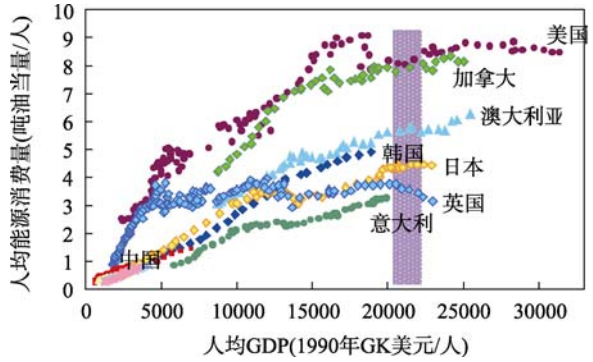


图 2　人均能源消费与人均 GDP 关系曲线

Fig. 2　Capita energy consumption and capita GDP

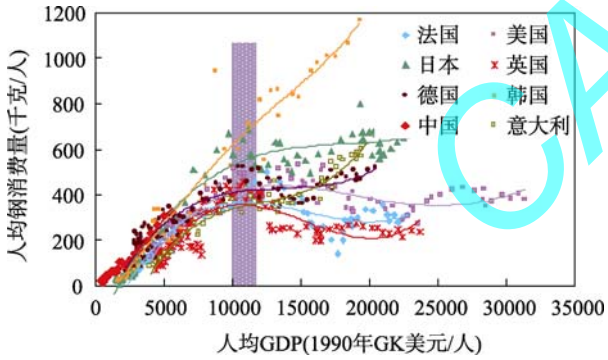


图 3　人均粗钢消费与人均 GDP 的关系曲线

Fig. 3　Capita crude steel consumption and capita GDP

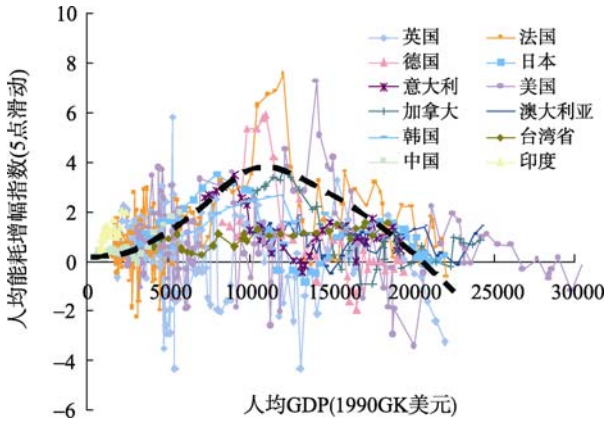


图 4　人均能源消费增幅变化趋势

Fig. 4　Variation trend of capita Energy consumption amplitude

对应关系(图 4，图 5)。

(1) 起飞点，即矿产资源消费高速增长的开始点。不论是能源还是其他大宗矿产资源，人均资源消费的起飞点均集中于人均 GDP2500-3000 美元。这一点与国家工业化起飞阶段完全吻合，它代表了一个国家从农业社会向工业社会转变，矿产资源加速消费的开始。从时间尺度来看英国处于 1866 年，美国处于 1880 年，日本处于 1957 年，中国位于 2001 年。

(2) 转折点，即人均矿产资源消费增速由大到小的转折点，或者人均资源消费增幅由大到小的转变点。由于不同资源的性质及用途不同，这一转变点的位置也不同，分别对应于经济结构的重大转型期。钢、水泥同属结构性材料，其转折点集中于人均 GDP6000~7000 美元之间，对应于社会基础设施建设的高峰期，越过这一高峰期，基础设施建设规模趋于高位稳定；人均能源消费的转折点集中于人均 GDP10000~12000 美元之间，对应于工业比例达到最大值，经济结构发生重大转型的开始，之后人均能源需求增幅开始下降。

(3) 零增长点，即“S”形曲线上人均资源消费量的顶点。同样，由于不同资源性质与用途的不同，零增长点的位置不同。钢、水泥人均消费的零增长点集中于人均 GDP10000~12000 美元，此点正好对应于能源消费的转折点和工业结构比例的最大值点，说明这些重要的标志点之间具有密切的内在联系；人均 GDP20000~22000 美元时，人均能源消费达到顶点，标志着后工业化阶段的开始和人均能源消费零增长时期的到来。

1.2　矿产资源消费强度的“倒 U”形规律

资源消费强度是指单位 GDP 投入的资源数量。资源消费强度的“倒 U”形规律揭示了资源消费强度在时间和发展程度上(随人均 GDP)的变化关系。

1.2.1　“倒 U”形规律的描述和内涵

研究表明，能源和资源消费强度在时间尺度和发展程度(人均 GDP)序列上均呈现“倒 U”形变化规律，且随着工业化时代的不同，“倒 U”形曲线“顶点”呈现下降和后移现象。随着向后工业化的过渡，各国能源消费强度具有趋同现象。消费强度的“倒 U”形曲线形态表明，随着工业化进程的开始，资源消费强度逐步上升，并陆续达到顶点，之后持续下降。不同资源由于性质与用途的不同，其消费强度到达顶点的位置(时间)也不同，与经济结构的梯次递进有密切关系。钢、水泥、铜的消费强度首先到达顶点；能源消费强度顶点具有分异现象，先期工

CAGS

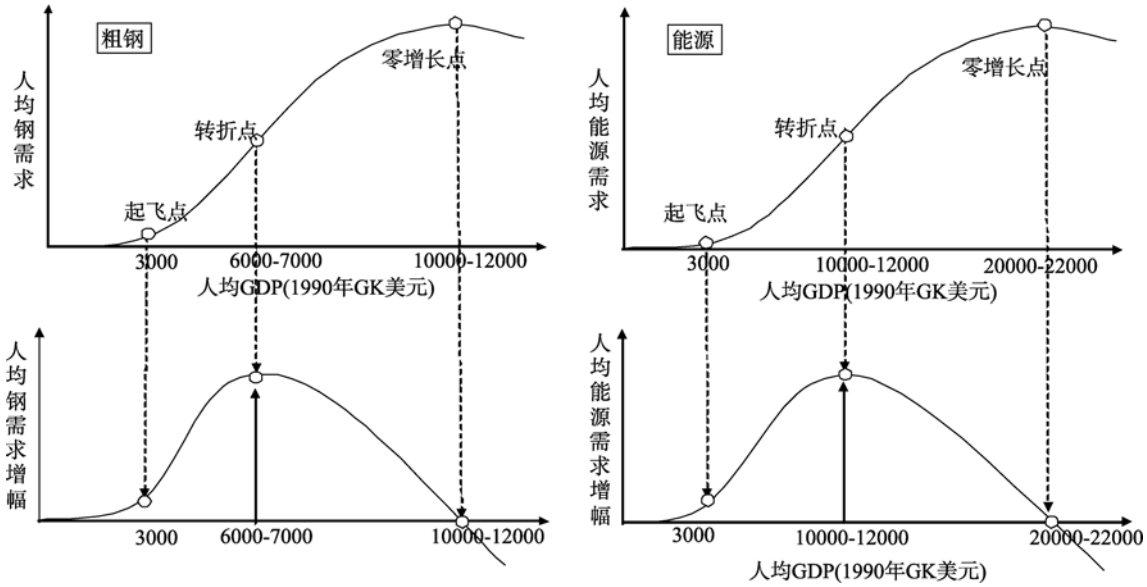


图 5 人均矿产资源消费的 3 个转变点示意图

Fig. 5 Three changing points of capita mineral resources consumption

业化国家较早到达，后期工业化国家推后到达；铝、镍等资源投入经济社会的时间较晚，且具有替代功能，其消费强度顶点位置具有较大分异。资源消费强度顶点下降和后移现象与科学技术的发展和经济增长方式的变化有关。

1.2.2 “倒 U”形曲线顶点参数

对一次能源、钢、水泥、铜、铝、镍消费强度变化规律的深入研究表明，每一种资源消费强度的顶点具有相对集中的经验数值。

能源消费强度顶点具有两个相对集中的区域。先期工业化国家(英国、美国、法国等)能源消费强度顶点均出现在人均 GDP4000~5000 美元左右，强度峰值高达 800~900 吨油当量/(百万美元 GDP)！新兴工业化国家和地区(日本、韩国、中国台湾)能源消费强度顶点集中位于人均 GDP10000~12000 美元附近，强度峰值在 300 吨油当量左右/(百万美元 GDP)的较低区间(图 6)。按照这一趋势，中国等发展中国家工业化过程中能源消费强度的峰值区间也将位于人均 GDP10000 美元之后。

钢、水泥的消费强度顶点集中于人均 GDP 6000~7000 美元之间，大致对应于人均资源消费“S”形曲线的转折点(图 7)；铝、镍的消费强度顶点靠后，且比较离散，这种现象与铝、镍投入经济社会的周期较晚，且兼具替代功能有关。与能源不同的是，日、韩等新兴工业化国家矿产资源消费强度的顶点都高于英、法等缓慢工业化国家，这主要与新兴工业化国家集中压缩式工业化进程和发展模式有关。按此规律，我国钢、水泥、铜和能源的消费强度已经进入或即将进入顶点区域。由于我国近年来铝的高速投入，消费强度远高于相同发展阶段的先期工业化国家，铝消费强度顶点可能提前到来。

1.3 矿产资源需求的波次递进规律

矿产资源需求波次递进规律包括矿产资源种类需求的波次递进规律、部门能源消费的波次递进规

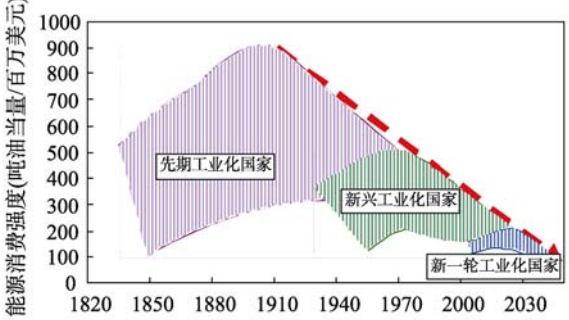


图 6 主要国家能源消费强度趋势

Fig. 6 Trend of energy consumption intensity of major countries

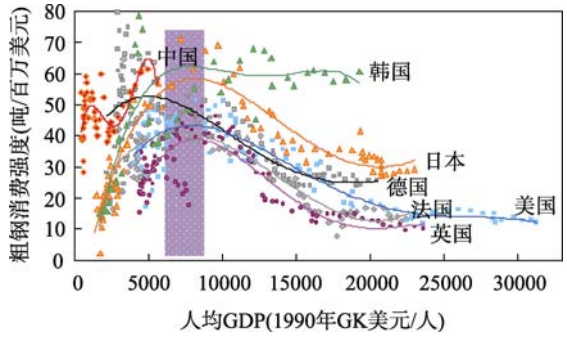


图 7 主要国家粗钢消费强度

Fig. 7 Crude steel consumption intensity of major countries

CAGS

律和国家/地区间资源需求的波次递进规律。

1.3.1　矿产资源种类需求的波次递进规律

不同种类资源的需求波次递进规律是指伴随经济的不断发展，不同种类资源需求顶点呈波次性递进变化的规律，即由于各类资源的功能和用途不同，其需求顶点不同，从而构成需求的波次性。矿产资源种类需求的先后波次性顺序为钢、水泥等结构性材料→铝、铜等兼具结构性和功能性的材料→镍等其他功能性材料→能源(图 8)。值得注意的是，先期工业化国家铝消费顶点的推后现象与铝的投入周期较晚，并与铜兼具替代功能有关。

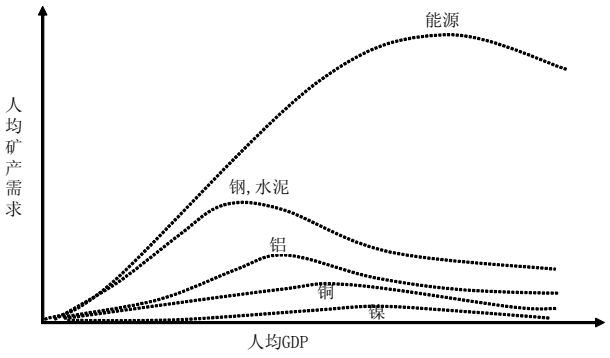


图 8　不同矿产需求波次递进序列模式

Fig. 8　Laws of wave rules of mineral resources demands

1.3.2　部门能源消费的波次递进规律

部门能源消费增长的波次递进性表现为随着国家经济发展，能源消费的比重在不同部门间逐次递进的规律。农业在能源消费递进中处于第一波次，工业成为第二波次；随着向后工业化的过渡，民用和商业部门成为能源消费递进增长中的第三波次；交通能源消费构成第四波次。能源消费的这种波次递进性在整个经济周期中构成完整的递进波型。(图 9)

1.3.3　国家/地区间资源需求的波次递进规律

不同国家所处的经济发展阶段不同，完成工业化的时间不同，其矿产资源消费峰期到来的时间也不同，从而构成资源消费在国家/地区间的波次递进规律，在地区经济分析中也被称为“雁行式”发展。欧洲、北美先期工业化国家处于资源增长第一波次，日本、韩国等新兴工业化国家和地区处于第二波次，中国等新型工业化国家将形成第三波次(图 10)。按此规律，亚洲将成为全球资源需求最重要的地区。

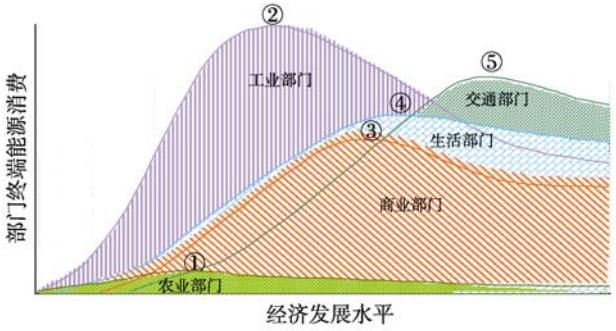


图 9　国家/地区间粗钢消费的波次递进性

Fig. 9　Wave rules of countries/areas crude steel consumption demands

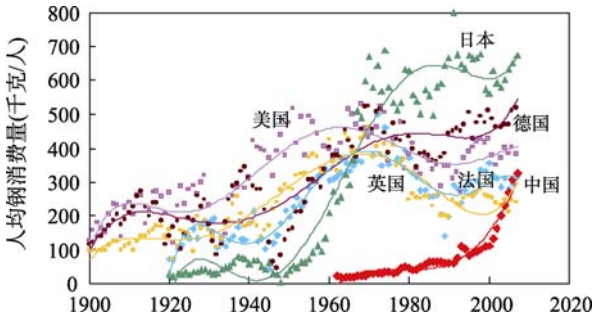


图 10　国家/地区间粗钢消费的波次递进性

Fig. 10　Wave rules of countries/areas crude steel consumption demand

1.4　能源消费弹性变化规律

在国家经济发展的不同阶段，能源消费弹性系数(能源消费增速与 GDP 增速之比)呈阶段性变化特点。① 前工业化过程：能源能源弹性系数一般小于 0.5；②工业化过程：分为缓慢工业化过程和快速工业化过程两种情况：缓慢工业化过程中的能源弹性系数介于 0.8~1.0 之间，快速工业化过程中的能源弹性系数介于 1~1.2 之间；③ 后工业化过程：能源消费的增率开始减小，能源弹性系数一般不超过 0.6(王安建，王高尚，张建华等，2002；王安建,王高尚等, 2008)。

2　矿产资源需求预测模型

以矿产资源需求理论为基础，本文确立了以人均矿产资源需求规律为核心，以资源与经济宏观参数为约束指标，以社会基础设施建设和财富积累为参考指标，以发展程度划分预测单元的多指标、多参数相互印证的能源与矿产资源需求综合预测方法和模型(Global Minerals Integrated Projection Model (GMIPM)。

2.1　需求预测的指标体系

影响能源和矿产资源需求的因素很多，本文选择 15 项指标，并将其划分为核心指标、约束性指标和参考指标三类(图 11)。

2.1.1　核心指标

核心指标是直接用于资源需求预测的变量参数，主要包括经济社会指标和资源指标两类。其中经济

CAGS

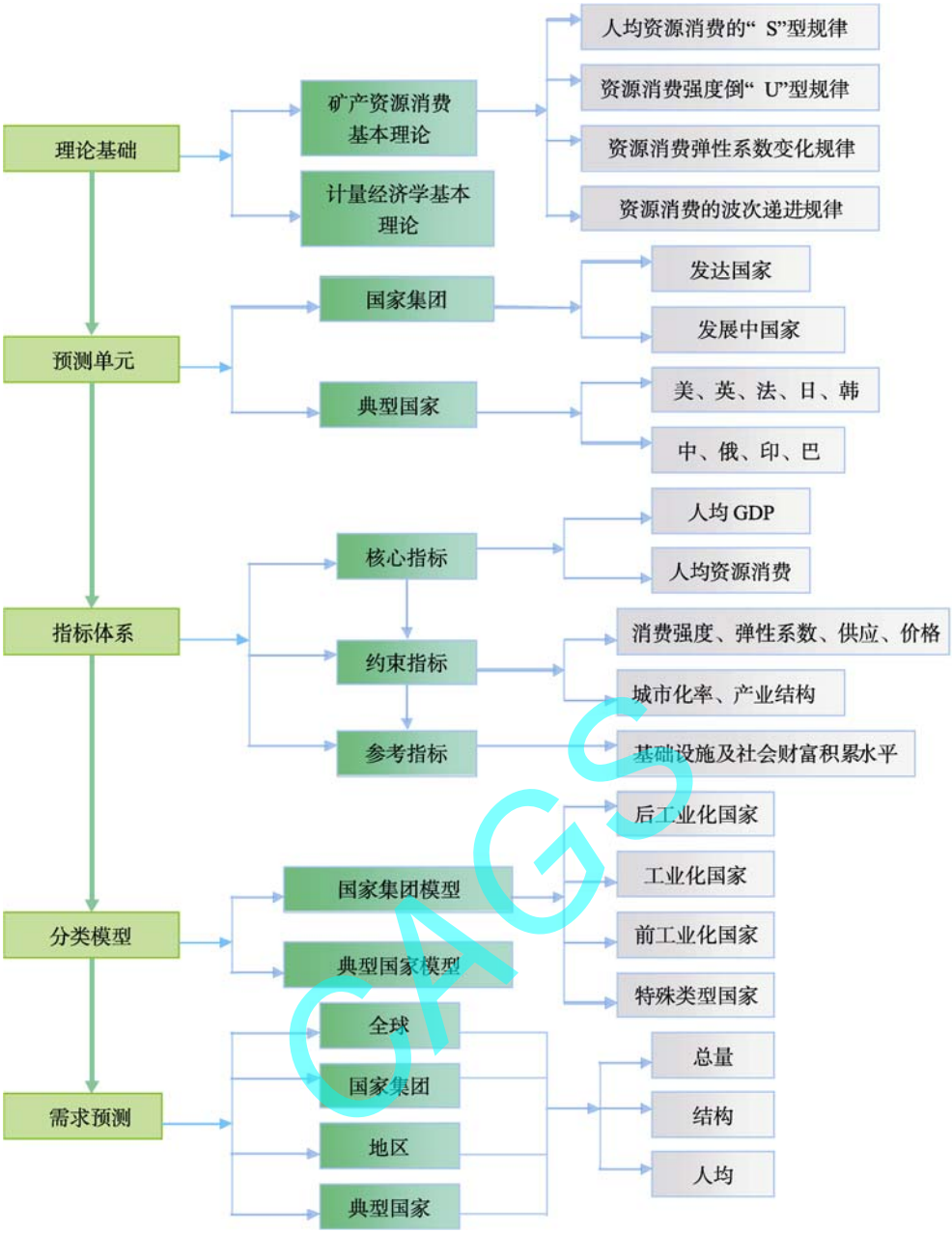


图 11 能源与矿产资源需求预测模型

Fig. 11 Mineral resources prediction model

社会指标包括国内生产总值 GDP 和人口两项、以人均 GDP 作为具体指标，它是决定资源需求最根本的因素；资源指标则包括资源消费量及其增幅两项，一般标定为人均资源消费量和人均消费增幅，它们是衡量资源需求最重要的参数。

2.1.2 约束性指标

约束性指标指那些与矿产资源需求密切相关，能够从不同侧面反映、衡量或约束矿产资源需求的指标。这些指标主要用于需求预测的二级模型，是确定三个重要转变点人均资源消费区间的重要判断标志，也可以作为二级模型的变量直接使用。他们对预测结果发挥着重要约束作用，同时可以用来检验和校正需求预测结果。约束性指标主要包括资源消费强度、消费弹性系数、城市化率、产业结构、资源政策、价格、资源供应、消费理念等。

2.1.3 参考指标

参考指标包括基础设施建设和社会财富积累两类指标。他们是衡量一个国家经济社会发展水平的另一类重要指标，是一个国家资源累积消费的结果。尽管这类指标很难与矿产消费预测建立直接关系，但可根据国家间基础设施建设和社会财富积累水平的对比，判断资源消费水平和变化趋势，并对预测结果进行修正和评价。表达一国基础设施水平的指标主要有铁路里程、公路里程、桥梁、港口、

机场等数量。表达社会财富水平的指标主要有社会建筑面积、汽车、家电等拥有水平。

2.2 需求预测模型

基于能源与矿产资源需求理论，以人均资源需求“S”形规律为模型原理，在科学划分基本预测单元的基础上，运用计量经济学方法，建立了全新的全球资源需求综合预测模型(图 11)。

2.2.1 模型的基本原理

根据人均资源消费量与人均 GDP 的“S”形相关关系和“S”形曲线上的三个转变点相对固定的人均 GDP 数值，将曲线划分为缓慢增长区、快速增长区、增速减缓区和零增长区/负增长区。按照这一理论，根据预测国历史资源消费轨迹，引入约束指标，选择转变点参数，设定 GDP 增长方案，并依据预测区间资源消费增长方式预测人均资源消费随人均 GDP 的增长趋势。初步预测结果经参考指标评价，最后输出预测结果。

2.2.2 预测参数取值及预测流程

(1) 建立预测国人均资源消费与人均 GDP 历史轨迹。

(2) 根据约束指标选择转变点参数。

(3) 根据预测国经济发展规划或 GDP 增长趋势，确定预测区间人均 GDP 的增长方案。

(4) 按照 GDP 增长趋势，在预测国所属增长区内，按照其增长模式进行分段预测。

(5) 用参考性和约束性指标对初步预测结果进行检验。用初步预测结果换算求取消费强度、消费弹性变化趋势，并对这些运算结果进行规律性分析，同时，用产业结构、城市化率等参数的变化趋势进一步进行一致性检验，最后输出预测结果。

2.2.3 预测单元划分

在进行全球或地区资源需求预测时，按照发展程度对预测样本国家进行分类。本研究把全球 200 多个国家和地区按照发展程度划分为 5 类，其中发达国家为一类，发展中国家按照发展程度划分为四类。发展中国家的类别会随着经济发展而变化，因此在长期需求预测中要注意各区段参数的调整。

2.2.4 模型评价

(1) 本预测方法以矿产资源需求理论为基本原理，物理模型清晰，克服了大部分以数学模型为主的预测方法的弊端，系统稳定性强。以回归分析法为例，不同研究者因采用的数据不同，回归出各种各样的曲线函数，因而预测结果千差万别。

(2) 多指标、多参数相互检验和验证的综合评估方法，克服了大多数方法系统敏感性强，误差检验困难等问题，保证了预测结果的合理性和可靠性。

(3) 在全球资源需求预测中，用发展程度划分预测单元代替了 IEA 等机构以地区划分预测单元的做法，使预测单元的划分更加科学，从而保障了预测参数的可靠性。

3 重要矿产资源需求预测

根据上述预测模型，本文按照 3 种增长方案，预测了 2010-2030 年全球及中国一次能源和钢、铜、铝需求趋势，并选取其中的参考方案与其他机构的预测结果进行对比(表 1，表 2)。

3.1 能源需求预测

本研究预测结果显示(参考方案)，全球一次能源需求总量将从 2008 年的 124 亿吨油当量增长到 2020 年的 156 亿吨和 2030 年的 185 亿吨油当量，增幅分别为 25.8%和 49.2%(表 1)；预测结果较 IEA2030 年预测量大 4.5%。预计 2007 年到 2030 年，全球煤炭、石油、天然气需求将分别增长 56.6%、36.9%、56.7%。本预测煤炭和天然气消费增速远快于 IEA 的预测结果。

预测数据表明，2007-2030 年，发达国家能源需求将仅增加 8.8%，而届时发展中国家将增加近 90%。发展中国家将成为全球能源需求增长的主要动力，亚洲将成为全球能源增长的中心。

本研究预测表明(参考方案)，中国一次能源需求将从 2008 年的 19.6 亿吨油当量增长到 2030 年的 41 亿吨油当量。这一结果比 IEA 对中国 2030 年 35.9 亿吨油当量的预测结果高出 14.2%。

按照 IEA 预测，2030 年中国能源结构中煤炭的比例仍高达 67%，需要原煤 46 亿吨，石油的比例为 22.5%，超过 8 亿吨，而天然气、核能、可再生能源仅占一次能源的 5.5%、1.9%和 0.9%。显然 IEA 不但低估了中国的能源需求总量，而且对煤炭、石油的比例估计过高，对其他能源估计过低。本研究根据经济发展与能源结构调整的普遍规律，综合考虑资源保障、能源效率、环境承载、经济效益和政策调整因素，预测中国的能源消费结构将从 2008 年的煤炭 68.7%、石油 18.7%、天然气 3.8%、核能 0.8 %、可再生能源 8.0%调整到 2030 年的煤炭 47.8%、石油 15.9%、天然气 9.2%、核能 12%、可再生能源 15.1%。

3.2 重要矿产资源需求预测

预测表明，未来 20 年全球矿产需求仍将呈快速增长趋势，大部分矿产需求量将增长 50%以上。2008 年到 2030 年，全球粗钢需求量将从 13.6 亿吨

GAGS

表 1 全球及中国能源需求预测结果及对比(参考方案)
Table 1 global and china energy demand trends

品 种	区 域	预测机构	2010 年	2015 年	2020 年	2025 年	2030 年
一次能源总量(亿吨油当量)	全球	本研究中心	125	140	156	174	185
		IEA, 2007	128	144	154	165	177
	中国	本研究中心	22.8	28.7	33.8	37.5	41.0
		IEA, 2007	21.4	26.3	32.0	34.5	35.9
煤炭(亿吨油当量)	全球	本研究中心	34.0	38.4	43.6	47.7	53.1
		IEA, 2007	34.0	40.0	42.0	46.3	49.9
	中国	本研究中心	15.4	17.7	18.3	19.0	19.6
		IEA, 2007	15.2	18.7	21.3	22.1	24.0
石油(亿吨油当量)	全球	本研究中心	43.8	45.4	49.0	51.8	54.2
		IEA, 2007	43.4	47.2	50.0	52.8	55.9
	中国	本研究中心	4.3	5.3	6.0	6.3	6.5
		IEA, 2007	4.5	5.4	6.8	7.4	8.1
天然气(亿吨油当量)	全球	本研究中心	28.7	30.1	34.6	39.0	43.9
		IEA, 2007	26.8	30.4	33.2	36.2	39.5
	中国	本研究中心	1.1	2.2	3.1	3.5	3.8
		IEA, 2007	0.77	1.1	1.5	1.8	2.0

上升到 21 亿吨，增长 54.4%；铜需求量将从 1918 万吨上升到 2600 万吨，增长 36.8%；铝需求量将从 3848 万吨上升到 6800 万吨，增长 78.9%(表 2，图 12，图 13)。

单元预测结果表明，发达国家已进入矿产资源消费的下降期，未来主要矿产品需求仍将持续稳定下降。以中国为代表的新一轮工业化国家主要矿产资源需求量将持续增长，并有可能在 2020 年前后趋于稳定。2015 年以后，印度、埃及等欠发达国家矿产资源需求将进入高增长期，并将持续 20 年左右。2015 年后，以中国为代表的工业化国家与和以印度为代表的另一轮工业化国家矿产资源需求高峰期将出现叠加，这也是未来年全球资源需求持续高涨的主要动力。

对中国的资源需求预测表明，粗钢需求将在 2013 年前后达到 5.3~5.5 亿吨(粗钢)的顶点，铝需求在 2015~2017 年达到 1800~1900 万吨的顶点、铜需求在 2018~2020 达到 800 万吨左右的顶点。越过顶点之后，资源需求将缓慢下降，到 2030 年，粗钢需求将下降到 3~3.5 亿吨，铝需求下降到 1500~1600 万吨，铜需求下降到 500~600 万吨。届时，中国将全面实现工业化，经济社会开始向后工业化过渡，到 2035 年前后，能源需求也将可能出现零增长。

本文对钢、铜、铝等矿产的预测均充分考虑了不同国家集团或国家在不同发展阶段的资源消费规律，以起飞点、转折点和零增长点等重要转变点为控制点，以消费强度、弹性系数、产业结构等约束性指标和基础设施建设等参考指标进一步刻画国家

表 2 全球及中国钢、铜、铝需求预测结果及对比
Table 2 Global and China's steel, copper and aluminum demand trends

品 种	区域	预测机构	2010 年	2015 年	2020 年	2025 年	2030 年
粗钢(亿吨)	全球	本研究中心	15	17	18	20	21
		Worldsteel	13.2	15.15	17.3	-	-
	中国	本研究中心	5	5.3~5.5	4.5~5.0	4~4.5	3~3.5
		BEMRI	5.6	6.05	6.48	-	7.2
精炼铝(万吨)	全球	本研究中心	4216	4899	5622	6132	6802
		IISI/ABARE	4000/3800	4700/5000	5500	6400	7300
	中国	本研究中心	1401	1700~1800	1800~1900	1600~1700	1500~1600
铜(万吨)	全球	本研究中心	1946	2231	2393	2580	2637
		IISI/ABARE	2000/1865	2300/2350	2600	3000	3500
	中国	本研究中心	573	650-700	750-800	650-750	500-600

国外预测机构来源: Worldsteel, ABARE, BEMRI.

CAGS

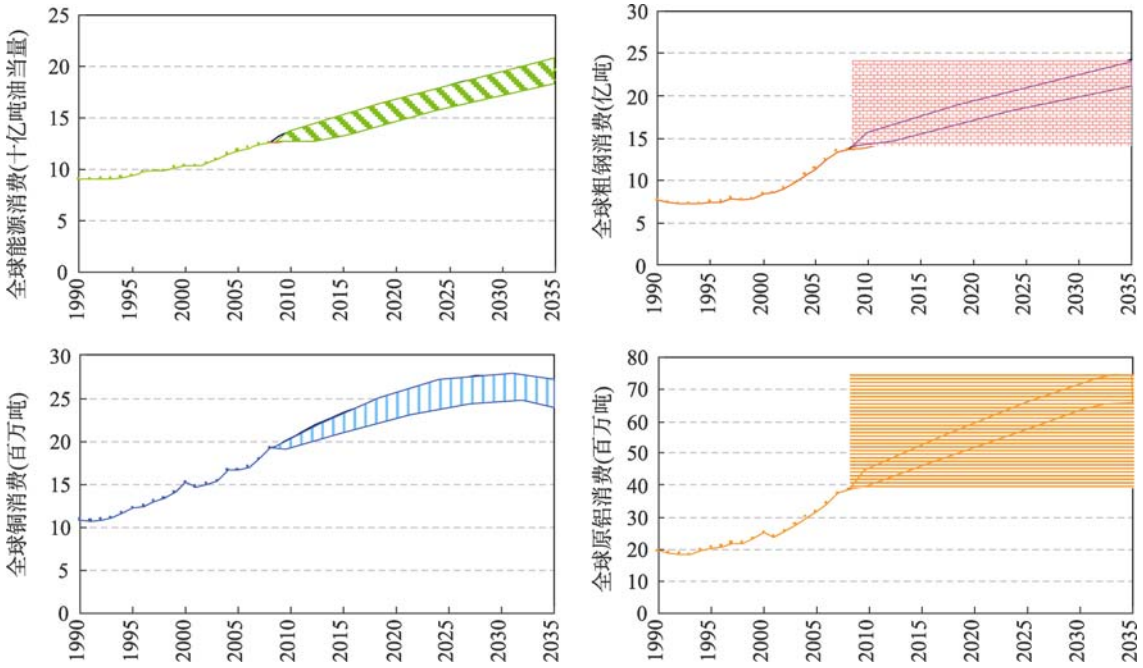


图 12　全球矿产资源需求趋势

Fig. 12　Global mineral resources demand trends

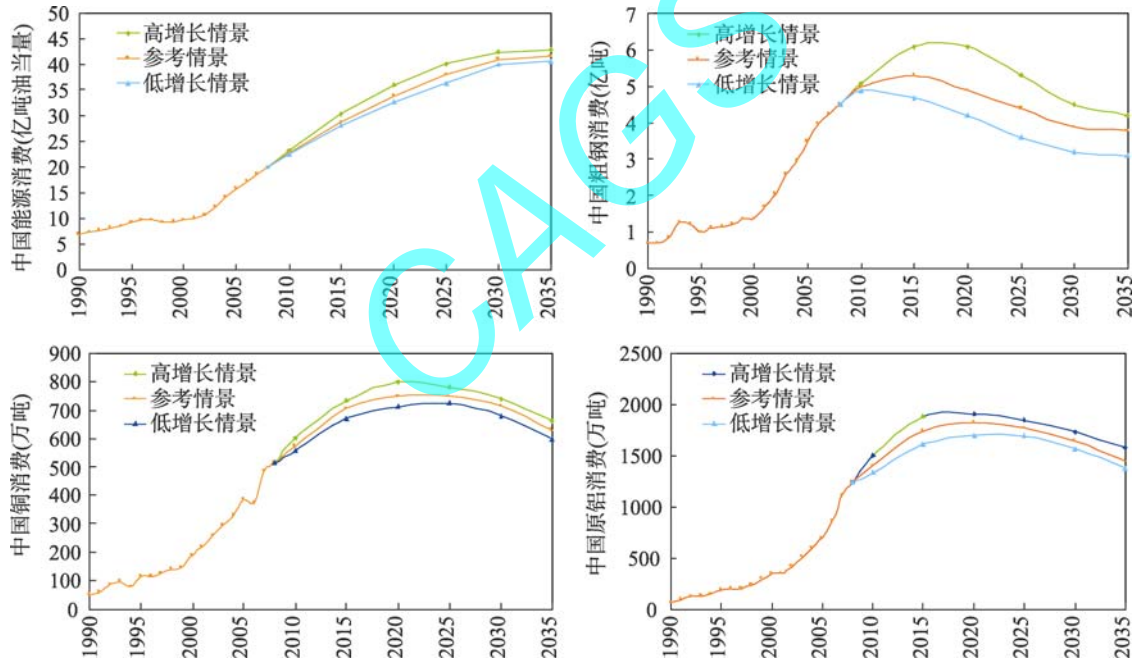


图 13　我国矿产资源需求趋势

Fig. 13　China's mineral resources demand trends

矿产资源消费趋势，所进行的预测与其他机构的预测存在较大差异。例如，对中国的钢需求预测中，BEMRI 认为中国钢需求将一直增长下去，而我们的预测是在 2013 年前后中国钢需求将达到顶点，Worldsteel 对全球钢需求的预测明显低于本文的预测(Graeme Hunt, 2007; Baosteel Group Corporation, 2009; Organisation for Economic Co-operation and Development, 2007; ABARE, 2009)。

4　小结

4.1　探索了资源战略研究的系统科学研究方法

引入系统科学的逻辑思维方式和研究方法，从全球的角度，大样本空间选择了不同发展阶段、不同发展水平和不同发展模式(缓慢工业化、新兴快速工业化)的若干个国家或国家群，以长周期的人口、资源、产业、经济和环境等多元数据综合分析为基

CAGS

础，采用购买力平价(PPP)作为 GDP 的对比标尺，系统探索了经济发展与矿产资源消费的定量关系，收到了良好的效果。

4.2 建立了全新的需求理论与预测模型

以需求分析为主线，探求并建立人口、资源以及环境与经济社会发展之间的内在联系，揭示了以矿产资源人均消费与人均 GDP“S”形关系为核心的矿产资源与经济发展的若干重要规律，建立了以经济发展与矿产资源消费规律为基础，集人均资源消费、人均资源累计消费、消费强度、消费速率(弹性系数)与经济发展阶段、发展模式于一体的全新的资源需求综合预测模型。

4.3 对我国及全球资源需求进行了科学预测

以矿产资源需求理论与预测模型为基础，根据发展程度将全球 200 多个国家和地区划分为若干国家集团，对未来 20 年全球及重要国家能源与重要矿产资源需求做了科学预测。

参考文献:

冯述虎. 2007. 山东省能源矿产需求预测研究[J]. 矿业研究与开发, 27(2): 85-88.

高丽敏. 2001. 山西省矿产资源灰色数列预测与评估[J]. 太原理工大学学报, 32(2): 157-161.

郭云涛. 2004. 中国煤炭中长期供需分析与预测[J]. 中国煤炭, 30(10): 20-23.

汪涛. 2006. 组合模型在能源需求预测中的应用[J]. 能源与环境, (6): 22-24.

李龙全，魏晓平，张炎治. 2007. 中国能源需求的预测[J]. 经济纵横, (5): 98-100.

刘延松，吴翠. 2008. 煤炭产需量预测方法讨论与实证分析[J]. 西安科技大学学报, (9).

柳彬德，张丽峰. 2009. 中国能源需求向量自回归模型的建立与分析[J]. 技术经济与管理研究, (2): 85-91.

卢二坡. 2005. 我国能源需求预测模型研究[J]. 统计与决策, (20): 29-31.

卢二坡. 2006.组合模型在我国能源需求预测中的应用[J]. 数理统计与管理, 25(5): 505-511.

罗向龙，赵亮. 2003.投入产出法在石化企业能源预测中的应用[J]. 节能, (3): 20-22.

仇惠丽. 2009.对投入产出模型的一些探讨[J]. 现代商业, 184.

宋春梅. 2009.中国能源需求预测与能源结构研究[J]. 学术交流, (5): 56-61.

陶菊春. 2005. 趋势外推预测模型的识别与选择研究[J]. 西北师范大学学报, 41(6): 14-17.

汪涛，张意翔. 2007.湖北省能源需求预测研究[J]. 决策参考, (3): 53-55.

王安建，王高尚，张建华. 2002. 矿产资源与国家经济发展[M]. 北京：地震出版社.

王安建，王高尚，陈其慎，于汶加. 2008. 能源与国家经济发展[M]. 北京：地质出版社.

王高尚，韩梅. 2002. 中国重要矿产资源的需求预测[J]. 地球学报. 23(6): 483-490.

References:

ABARE. 2009. Australian mineral statistics 2010[EB/OL].

Baosteel Group Corporation, China. 2009. Challenge and Wish of Steel Industry in China[EB/OL].

Energy Information of Administration. International Energy Outlook 1995[EB/OL]. [2008-8-25]. http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/index.html.

Energy Information of Administration. International Energy Annual 2005[EB/OL]. [2008-4-15]. http://www.eia.doe.gov/emeu/international/contents.html.

Energy Information of Administration. International Energy Outlook 2006[EB/OL]. [2008-8-25]. http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/index.html.

Energy Information of Administration. International Energy Outlook 2008[EB/OL]. [2008-10-30]. http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/index.html.

FENG Shu-hu. 2007. Shandong Province, Demand Forecast of Energy and Mines[J]. Mining research and development, 27(2): 85-88. (in Chinese)

GAO Li-min. 2001. Shanxi Province, the number of columns of gray mineral resources prediction and assessment[J]. Taiyuan University of Technology, 32(2): 157-161. (in Chinese)

GUO Yun-tao. 2004. China's coal supply and demand analysis and forecasting long-term[J]. China's coal, 30(10): 20-23. (in Chinese)

Graeme Hunt. 2007. BHP Billiton – Growth through optionality. AluminiumUBS Basic Materials Conference[EB/OL]. London.

IEA. World Energy Model - Methodology and Assumptions. [EB/OL]. [2008-6-20]. http://www.worldenergyoutlook.org/docs/weo2007/WEM_Methodology_07.pdf.

International Energy Agency. World Energy Outlook 1998[EB/OL]. [2008-6-10]http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/1990/weo1998.pdf.

International Energy Agency. World Energy Outlook 2007[EB/OL]. [2008-6-20] http://www.worldenergyoutlook.org/ 2007.asp.

International Energy Agency. World Energy Balance(2008 Edition) [EB/OL]. [2008-10-15]. http://wds.iea.org/WDS/Common/Login/login.aspx.

LI Long-quan, WEI Xiao-ping, Zhang Yan-zhi. 2007. China's energy demand forecasts[J]. The economic horizon, (5): 98-100. (in Chinese)

LIU Bin-de, ZhANG Li-feng. 2009. China's energy demand for vector autoregressive model and analysis[J]. Techno-economic and management research, (2): 85-91. (in Chinese)

LIU Yan-song, WU Cui. 2008. The amount of coal production and demand forecasting methods to discuss with the empirical analysis[J]. Journal of Xi'an University of Technology, (9). (in Chinese)

LU Er-po. 2005. China's energy demand forecast model[J]. Statistics and Decision, (20): 29-31. (in Chinese)

LU Er-po. 2006. Combination model in China's energy demand forecasting[J]. Mathematical Statistics and Management, 25

CAGS

(5): 505-511. (in Chinese)

LUO Xiang-long, ZHAO Liang. 2003. Input-output method in the petrochemical energy forecasting application[J]. Energy saving, (3): 20-22. (in Chinese)

Organisation for Economic Co-operation and Development. 2007. Effects of Consolidation on the Global Steel Market: Implications of Cross Border M & A and Intra-Company Trade[EB/OL].

QIU Hui-li. 2009. For a number of input-output model[J]. Modern business, 184. (in Chinese)

TAO Juchun. 2005. Trend extrapolation forecasting model identification and selection of studies[J]. Northwest Normal University, 41 (6): 14-17. (in Chinese)

SONG Chun-mei. 2009. China's energy demand forecast and energy structure[J]. Academic exchanges, (5): 56-61. (in Chinese)

WANG An-jian, WANG Gao-shang, ZHANG Jian-hua. 2002. Mineral Resources and National Economic Development[M]. Beijing: Earthquake Press. (in Chinese)

WANG An-jian, WANG Gao-shang, CHEN Qi-shen, YU Wen-jia. 2008. Energy and national economic development[M]. Beijing: Geological Publishing House. (in Chinese)

WANG Gao-shang, HAN Mei. 2002. The demand forecast of China’s important mineral resources[J]. Journal of the Earth. 23(6): 483-490

WANG Tao. 2006. Combined Model in energy demand forecasting[J]. Energy and Environment, (6): 22-24. (in Chinese)

WANG Tao, ZHANG Yi-Xiang. 2007. Hubei energy demand prediction[J]. The decision-making reference, (3): 53-55. (in Chinese)

CAGS