

矿产资源需求拐点理论与峰值预测

任忠宝^{1,2}, 王世虎², 唐宇², 周海东²

(1. 中国地质大学(北京), 北京 100083; 2. 中国国土资源经济研究院, 北京 101149)

摘要: 矿产资源的有限性同需求快速增长之间的矛盾日趋突出。未来我国经济发展究竟需要多少矿产资源, 何时到达矿产资源需求高峰, 这些问题是国家制定矿产资源战略的基础。研究提出矿产资源消耗双拐点理论: 一是矿产资源消耗强度达到峰值时对应的拐点, 矿产资源由粗放利用向集约利用转变; 二是矿产资源消费水平达到峰值时对应的拐点, 矿产资源消费由增加向减少转变。经过逻辑推导, 并以先期工业化的美国为例, 追溯矿产资源消耗与经济社会发展变迁的历史轨迹来佐证了这一理论。通过比较研究, 定性地判断我国未来矿产资源消耗趋势, 未来5~15 a 我国矿产资源需求空间仍然很大。选择BP神经网络和岭回归预测方法, 综合考虑经济发展、人口变化和科技进步等因素, 基于Matlab软件实现了对我国矿产资源需求的拐点与峰值预测。预测结果显示: 能源需求拐点将在“十四五”时期出现, 峰值为 $45 \times 10^8 \sim 50 \times 10^8$ t 标准煤; 钢铁需求拐点将在“十三五”时期出现, 峰值为 8×10^8 t 左右; 铜需求拐点将在“十三五”时期出现, 峰值为 900×10^4 t 左右; 铝需求拐点将在“十二五”时期出现, 峰值为 $1\ 600 \times 10^4 \sim 1\ 700 \times 10^4$ t 左右。

关键词: 矿产资源; 需求拐点; 需求峰值; 安全供应

中图分类号: F426.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3037(2012)09-1480-10

1 问题提出

进入20世纪, 全球工业革命开始进入快速发展轨道, 导致整个社会资源消费结构出现急剧变化, 矿产资源消费迅速增长引发了社会的极大关注。早在20世纪40年代, 美国就开始着手进行矿产资源消费行为的研究。但是, 受当时统计资料和技术手段的限制, 这类研究工作进展十分缓慢。直至60年代, Harvey和Lowdon^[1]提出了资源开发与工业化发展的阶段性理论, 即随着开发程度的提高和社会需求的变化, 各类资源在区域开发各阶段的作用不尽相同。Malenbaum^[2]在此基础上通过观察矿产资源消费需求增长的长期变化过程, 发现矿产资源消费强度随着人均收入提高呈现倒“U”型规律变化, 首次提出了矿产资源需求生命周期理论。其后, Clark和Jeon^[3]提出了矿产资源消费结构分类理论, 确定了现代区域开发矿产资源需求结构的基本类型和特征, 从而进一步完善了矿产资源需求生命周期理论。同时, 许多学者^[4-6]也关注到20世纪70年代以来资源导向型经济增长模式的失败, 提出了“资源诅咒”(curse of resources)的命题。他们认为自然资源对许多国家的经济增长非但没有起到积极作用, 反而成了经济发展过程中的陷阱。

收稿日期: 2011-07-02; 修订日期: 2012-02-29。

基金项目: 国家社会科学基金重大项目“土地和矿产资源有效供给与高效配置机制研究”(09&ZD046)。

第一作者简介: 任忠宝(1982-), 男, 黑龙江绥滨人, 博士, 主要从事矿产资源经济研究工作。E-mail: renxiaoyao1982@163.com

我国经济可持续发展对矿产资源的依赖越来越强, 矿产资源有限性同需求快速增长之间的矛盾日趋突出。这种“矛盾”将会持续多长时间, 未来我国经济快速发展究竟需要多少矿产资源, 何时到达矿产资源需求高峰, 这些问题关系着国家经济安全, 是国家制定矿产资源战略的基础, 决定着资源规划和政策成败的关键。国内许多学者开始积极探讨我国矿产资源消费行为的规律, 以便提高资源的有效供应保障。付英等^[7]在分析未来经济发展走向基础上预测了未来 40 a 我国主要矿产资源的供需趋势, 提出了节约为主的多元化矿产资源开发利用战略。张雷^[8]分析了矿产资源开发利用与国家工业化发展的相互作用和影响, 总结了国家现代经济发展矿产资源消费行为及其规律, 并提出了我国未来矿产资源的可持续发展战略。王安建等^[9]提出了能源消费与经济发展呈现“S”形规律和需求波次递进规律为核心的能源资源需求理论。前人研究多数基于历史数据观察, 总结得出矿产资源消耗规律, 本研究在借鉴前人研究的基础上, 经过具体的逻辑推导, 提出矿产资源消耗强度和消费水平双拐点理论, 并以先期工业化的美国为例, 从铁、铜和铝三个矿种分析入手, 追溯矿产资源消费与经济社会发展变迁的历史轨迹来佐证这一理论。同时, 总结我国 60 多年来的矿产资源消耗规律, 并采用比较研究的方法, 定性地判断我国未来矿产资源消耗趋势, 选择 BP 神经网络和岭回归模型, 定量地预测我国矿产资源需求的拐点与峰值。

2 矿产资源需求拐点理论与实证分析

矿产资源需求拐点是时间概念, “拐点”的出现意味着产业即将出现重大结构调整, 需科学判断“拐点”出现的时间, 及时制定相应的应对措施。

2.1 拐点理论

首先来界定两个定义: 消耗强度是指单位产值矿产资源消耗, 反映经济增长付出资源代价的大小, 与产业结构、科技进步密切相关, 用 I 表示, 与经济发展之间的关系函数为 $I = f_1(G)$; 消费水平是指人均矿产资源消费, 反映人们对矿产资源的需求程度, 与人们生活水平息息相关, 用 L 表示, 与经济发展之间的关系函数为 $L = f_2(G)$ 。

通过探索消费水平、消耗强度与经济发展相互之间的关系, 本研究提出双拐点理论(图 1): 一是矿产资源消耗强度达到峰值时对应的拐点 1, 对应着经济增长方式发生重大转变, 矿产资源随之由粗放利用向集约利用转变; 二是矿产资源消费水平达到峰值时对应的拐点 2, 这时工业化基本完成, 基础设施相对完善, 矿产资源消耗开始由增加向减少转变。经过推导可知, 消耗强度的峰值在时间上要先于消耗水平的峰值, 滞后于消耗水平增速的峰值。消耗水平增速由快变慢过渡到消耗强度峰值的过程面临着产业结构的重大调整, 即工业化转型期。

基于前人研究可知: 工业化过程人均矿产资源消费与人均 GDP 呈现“S”型规律变化^[9]; 单位产值矿产资源消耗与人均 GDP 呈现倒“U”型规律变化^[2]。本研究提出的资源需求拐点理论具有局限性, 研究时间范围为从工业化初期到工业化完成时, 人均 GDP(美元/人·a)是有一定区间范围的, 即 [500, 45 000]。因此, 构建动态资源需求模型, 假定工业化过程矿产资源消耗强度函数为:

$$f_1(G) = aG^2 + bG + c = a(G + b/2a)^2 + (4ac - b^2)/4a \quad (1)$$

式中: G 为人均 GDP, 反映经济发展的进程, 是内生变量; a 、 b 、 c 均为可变的常数, 是外生变量。 a 是资源边际消耗强度, 由工业化进程的快慢决定, 随着工业化产业结构调整节奏而变

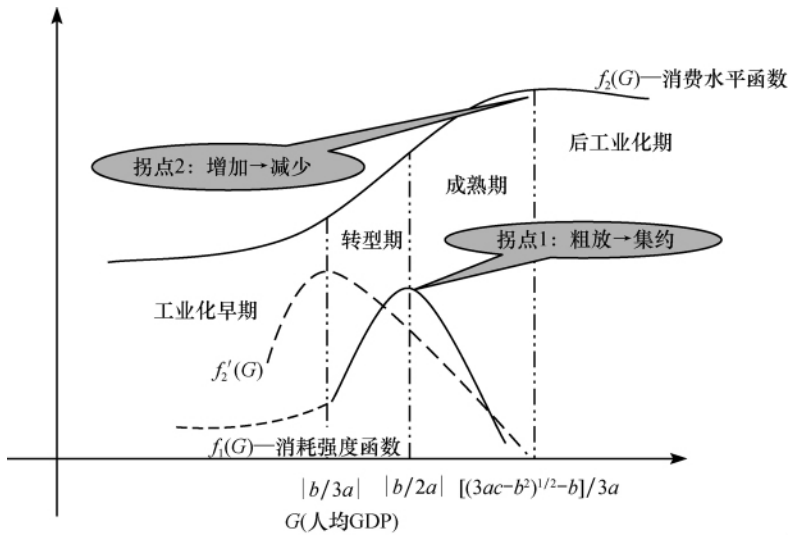


图1 消耗强度、消费水平与经济发展的关系

Fig. 1 The relevance between expend intensify , consume level and economic growth

化; b 是资源消耗强度增速的起点, 由工业化起始阶段的产业背景决定, 随着工业化过程产业结构的演进而变化; c 是矿产资源不创造 GDP 时资源消耗强度, 可近似为工业化早期资源消耗强度, 资源消耗与经济发展的相关性不大, 矿产资源消耗只是维持人们生活基本需要, 反映工业化起始的资源消费水平。 $|b/2a|$ 决定经济发展到什么程度资源消耗强度达到峰值, 不同国家工业化起始的产业背景或进行过程中经济结构和产业结构不同, 拐点出现的时间也不尽相同。 $(4ac - b^2) / 4a$ 决定着消耗强度峰值的大小。

又因为: 单位产值矿产资源消耗 = 人均矿产资源消耗 ÷ 人均 GDP

所以: 消费水平函数为:

$$f_2(G) = f_1(G) \times G = aG^3 + bG^2 + cG \quad (2)$$

求导可得:

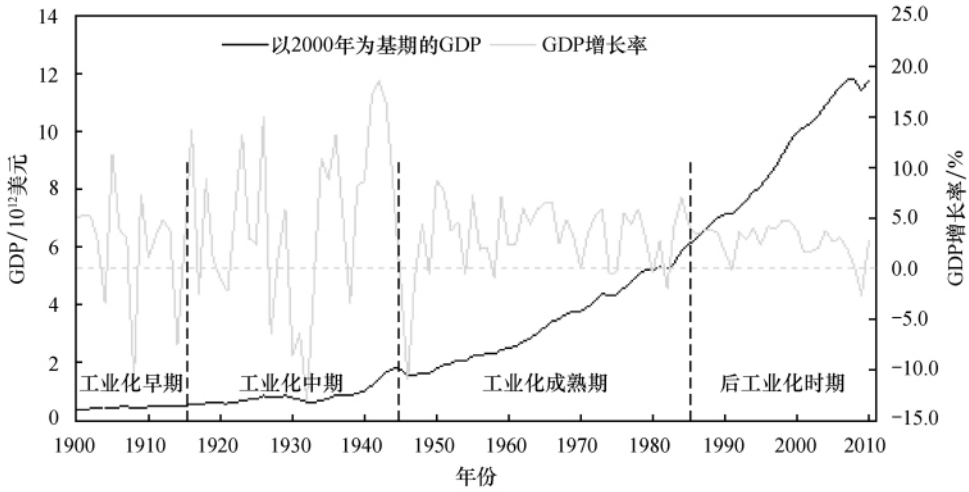
$$f_2'(G) = 3aG^2 + 2bG + c = 3a(G + b/3a)^2 + (3ac - b^2) / 3a \quad (3)$$

$|b/3a|$ 决定经济发展到什么程度资源消费水平增速达到峰值; $[(3ac - b^2)^{1/2} - b] / 3a$ 决定着什么时候达到消费水平峰值。

2.2 实证分析

本研究收集了美国工业化过程历年的矿产品消费量、GDP 和人口等数据, 在系统梳理的基础上, 作出人均矿产资源消费、单位产值矿产资源消耗与人均 GDP 的关系图, 根据世界银行提出的按照人均收入标准划分发展阶段的“四分法”, 结合钱纳里对工业发展阶段的评述^[10], GDP 调整为 2000 年基期的计价水平, 将美国 1900—2010 年的经济发展历程划分为 4 个阶段(如图 2): 1900—1915 年工业化早期阶段, 1916—1944 年工业化中期阶段, 1945—1984 年工业化成熟期, 1985 年至今为后工业化期。在关系图中定位工业化发展的各个阶段, 观察工业化各个阶段矿产资源消费变化规律。

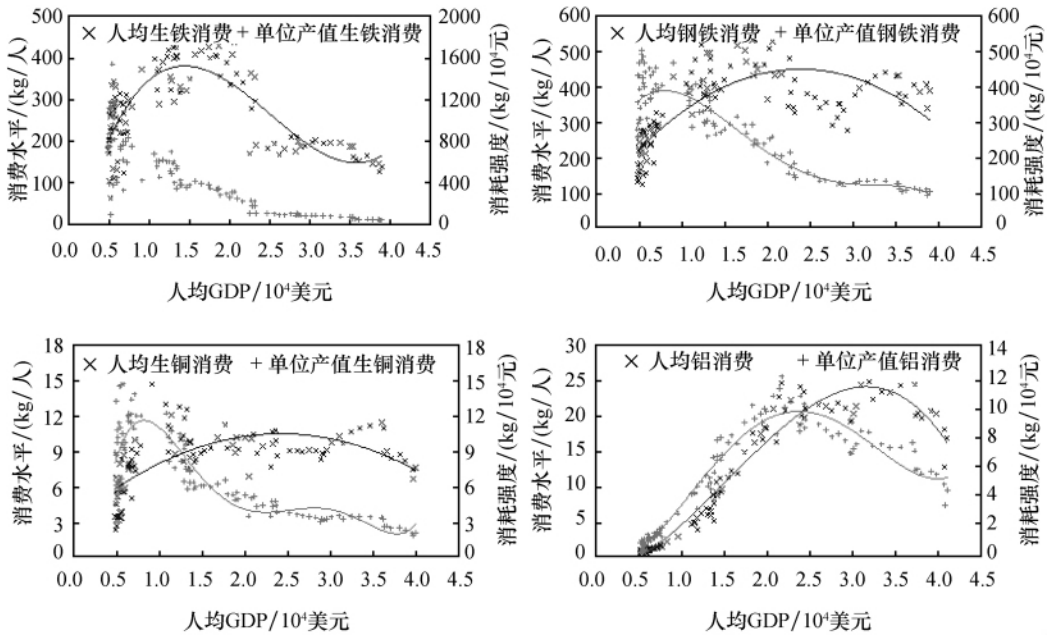
本研究在 1900—2010 年美国工业化过程历年的矿产品消费量、GDP 和人口等数据基础上, 生成人均矿产资源消费、单位产值矿产资源消耗与人均 GDP 的关系散点图, 在散点图基础上利用多项式拟合形成趋势图(图 3)。



注: 数据来源于美国经济局和美国统计署官方网站。

图2 1900—2010 年美国经济发展阶段划分

Fig. 2 The stage division of the economic development in US from 1900 to 2010



注: 数据来源于美国地质调查局、美国经济局和美国统计署官方网站。

图3 美国工业化过程矿产品消耗消费趋势

Fig. 3 The consumption trend of the minerals during the industrialization in the US

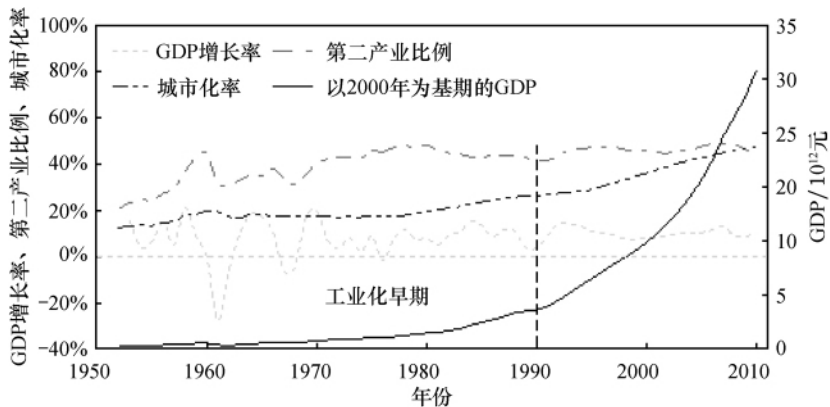
纵观美国经济发展历程可以发现, 矿产资源始终是人类区域开发的物质基础^[11], 随着工业进程的推进, 矿产资源消费呈现“先增后减”的趋势(图3)。工业化早期阶段, 经济增长由农业转向以制造业为主的工业, 资源消耗强度和消费水平一般呈现缓慢上升趋势。工业化中期阶段, 伴随产业结构的调整和技术的进步, 经济增长方式发生重大改变, 资源消耗强度开始下降。由于各类资源在区域开发各阶段的作用不尽相同, 铁、铜的消耗强度峰值在工业化中期前端出现, 铝的消耗强度峰值在工业化成熟期出现。这时由于人民生活水平

提高对资源需求增加影响大于技术进步对资源集约节约利用影响,资源的消费水平将继续呈现上升的趋势。工业化成熟期阶段,人均社会财富积累、基础设施完备程度和人均生活水平达到一定的水平,低矿耗的第三产业逐渐替代高矿耗的工业成为 GDP 的主要贡献者,矿产资源消费保持在一定水平,消费水平峰值陆续出现。进入后工业化时期,资源消费不再增长,消费水平呈现缓慢回落的趋势。

3 我国矿产资源消费趋势判断

3.1 定位我国经济发展所处阶段

发达国家工业化经验告诉我们,在工业化进程中,三次产业在社会总体经济中的地位发生根本性的转变,表现在经济总量中,农业产值和农业就业所占比重不断下降,工业和服务业的产值比重和就业比重不断上升^[12]。本研究将从人均国民生产总值、第二产业比例和城市化率 3 个指标综合测度我国工业化进程。结果表明:1950—1990 年为工业化早期,1990—2010 年为工业化中期(图 4)。2010 年,我国人均 GDP 为 4 120 美元,按照购买力评价调整后大约为 7 200 美元,第二产业比例为 46.8%,城市化率为 47.5%^①。按照世界银行的划分标准,对照 H. 钱纳里结构模式,目前我国进入工业化中期的后半阶段,即将迈入成熟期。这与中国社会科学院研究认为“我国 2005 年已经进入工业化中期后半阶段”的结论大致相当^[13]。



注:数据来源于中国统计年鉴和国家统计局官网。

图 4 1950—2010 年我国经济发展阶段划分

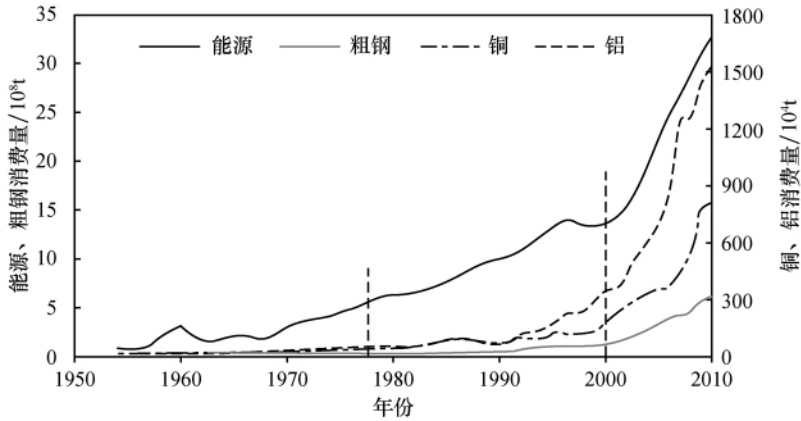
Fig. 4 The stage division of the economic development in China from 1950 to 2010

3.2 判断我国矿产资源消耗趋势

解放后,社会主义新中国建设在一穷二白的基础上展开,在赶超战略的指引下,全面建立以重化工业为主导的产业体系,要求丰富的矿产资源作为支撑。改革开放后,经济增长粗放、外延式扩张特征尤其明显^[14],能源及重要矿产品消费弹性系数开始超过 1,在先期的勘查积累和技术进步等因素的作用下,矿产资源有效地保障了翻两番目标的顺利实现。进入新世纪以来,我国经济总量和综合国力得到了极大提升,对矿产资源的需求增势尤为明显(图 5),供需缺口越来越大。2000—2010 年,我国能源需求增加了 2.2 倍,粗钢增加了 4.6

① 数据来源于中国统计公报,购买力评价按 2009 年水平计算调整得出。

倍,铜增加了 4 倍,铝增加了 4 倍^②。粗放式经济增长方式对资源需求压力日益增大,几乎达到了极限。2009 年,我国能源消费占世界的 20%,粗钢消费占世界的 60% 以上,铜、铝消费占世界的 40% 左右^③。

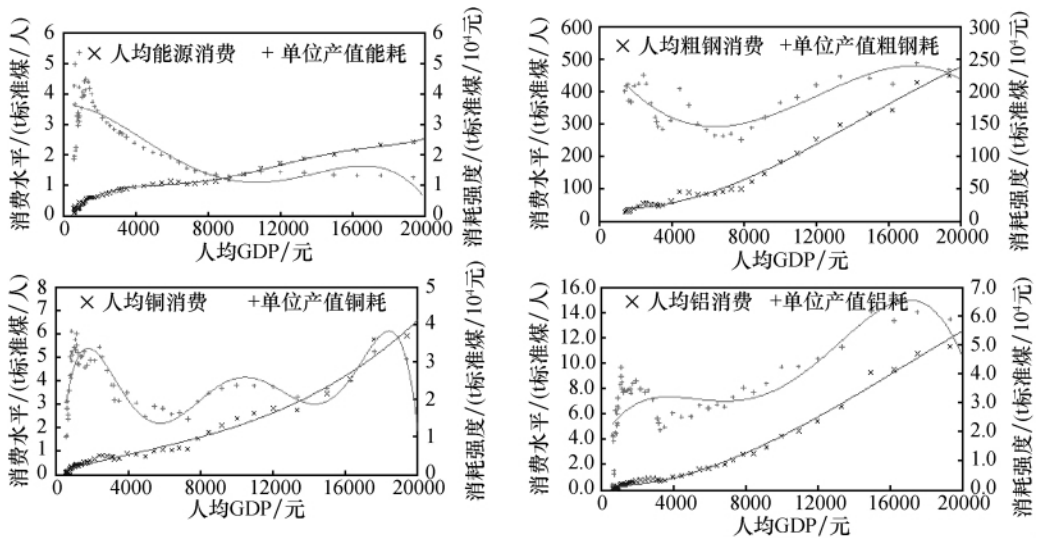


注: 数据来源于钢铁统计年鉴和有色金属统计。

图 5 1950—2010 年我国能源及矿产品消费变化情况

Fig. 5 The consumption situation of the energy and the minerals in China from 1950 to 2010

本研究收集了 1950—2010 年我国历年的矿产品消费量、GDP 和人口等数据,生成人均矿产资源消费、单位产值矿产资源消耗与人均 GDP 的关系散点图,在散点图基础上利用多项式拟合形成趋势图(图 6)。



注: 数据来源于中国统计年鉴、钢铁统计年鉴和有色金属统计。

图 6 我国工业化过程能源及矿产品消耗趋势

Fig. 6 The consumption trend of the energy and the minerals during the industrialization in China

② 根据中国统计公报、中国统计年鉴以及行业协会公布数据计算得出。
 ③ 根据《BP 能源统计》和《世界金属统计》公布的数据计算得出。

我国工业化起步较晚,经济发展速度较快,资源消费强度峰值已陆续出现,并开始出现缓慢下降的趋势。能源消耗强度在 20 世纪 80 年代末期就开始呈现下降趋势,铁、铜、铝矿产品消耗强度在 2000 年后也开始出现下降的态势(图 6)。目前,我国单位产值能耗、钢耗、铜耗、铝耗分别是美国的 5 倍、4.4 倍、2.4 倍、2.1 倍(表 1)。可以看出,我国经济发展具有明显的资源消耗特征,这种发展模式很容易使中国经济遭遇更大程度的“资源诅咒”^[15]。与美国资源消费强度的差异主要源于工业化起始产业背景和进行过程中经济结构的不同,由于技术进步与产业结构调整带来资源利用效率提高等因素作用,未来我国矿产资源消费强度将会出现大幅下降,最终将与发达国家资源消费强度趋于一致,这表明我国集约节约利用矿产资源还有很大空间。

表 1 中美矿产资源消耗强度与消费水平对比^①

Table 1 Comparison in terms of mineral consumption between the US and China

矿种	单位产值矿产消耗/(kg/10 ⁴ 元)				人均矿产资源消费/(kg/人)			
	中国		美国		中国		美国	
	2009 年	2009 年	拐点	峰值	2009 年	2009 年	拐点	峰值
能源	13 230	2 658	—	—	2 323	10 098	—	—
粗钢	242	55	1915—1920 年	430~500	426	205	1964—1969 年	450~520
铜	2.3	1.4	1923—1930 年	12~15	5.7	5.2	1965—1974 年	10~12
铝	6.1	2.9	1972—1979 年	10~12	10.8	10.6	1993—1999 年	24~26

注:数据来源于中国统计年鉴、钢铁年鉴、有色金属统计、美国经济局、BP 能源统计、美国地调局等。

然而,我国处于经济发展转型期决定了我国资源消费水平将仍处于上升阶段,未来几年我国矿产资源需求空间仍然很大。当前,我国人均能源消费偏低,仅为美国的 1/4,主要由于两个国家人民生活水平和消费理念的差异所致;我国人均钢铁消费、铜消费、铝消费均已超过美国,这主要因为我国矿产初级制成品很大一部分用于出口,但距离美国消费水平峰值还有一定距离。实际上,我国矿产资源真正的内需水平并不高,随着人们生活水平的提高,基础设施不断完善,矿产资源消费水平将继续呈现上升的趋势。伴随我国经济增长方式的转变,外需积极地转向内需,对我国资源消费水平上升有一定的抑制作用。加之,我国走新型工业化道路所具备的技术高度集成等后发优势,金属废弃物的回收和再利用对矿产资源消费需求影响越来越大。初步判断:我国矿产资源消费水平峰值会比美国低。

3.3 预测我国矿产资源需求峰值和拐点

本研究在深入分析矿产资源需求因素的基础上,收集了 1950—2010 年历年我国经济发展指标、人口变化和矿产消费等基础数据,1957—1960 年我国处于大跃进时期,数据偏高,剔除数据噪声干扰,选取 1961—2010 年作为预测的基础数据,为消除年度矿产资源消费量的不规则扰动,采用 3 a 移动平均对历史消费数据进行修匀处理。综合考虑人均 GDP 增长率、二产比例、人口增长率、城市化率 4 个影响因子,量化这 4 个因子与矿产资源消费相关性,发现几乎相关系数都在 0.5 以上,相关性比较好,说明利用这 4 个指标对矿产资源需求预测可行。对比灰色理论、移动平均、BP 神经网络、回归分析、岭回归等多种预测方法的特点,选择 BP 神经网络和岭回归预测方法,基于 Matlab 软件实现了对未来 20 a 我国能源、粗钢、铜、铝的需求预测。对样本内拟合值与真实值之间相对误差分析得出,BP 神

^① GDP 以 2000 年美元计价,2009 年末人民币汇率为 1 美元兑 6.828 2 元人民币,能源按标准煤计量。

经网络对粗钢、铜和铝拟合效果最好,岭回归对能源拟合效果较好。结合中国“至 2050 年矿产资源科技发展路线图”以及“国家‘十二五’规划纲要”对我国节能减排、循环替代等相关指标的预计,对预测结果进行了科技进步指数修正。研究得出(表 2):我国能源消费需求拐点将在“十四五”时期出现,峰值为 $45 \times 10^8 \sim 50 \times 10^8$ t 标准煤;钢铁消费需求拐点将在“十三五”时期出现,峰值为 8×10^8 t 左右;铜消费需求拐点将在“十三五”时期出现,峰值为 900×10^4 t 左右;铝消费需求拐点将在“十二五”时期出现,峰值为 $1\,600 \times 10^4 \sim 1\,700 \times 10^4$ t 左右。

表 2 2010—2030 年我国主要矿产资源消费预测

Table 2 Forecast about the minerals consumption in China from 2010 to 2030

矿种	2010 年	2015 年	2020 年	2025 年	2030 年	
能源/ 10^8 t 标准煤	高增长情景		38.7	43.7	44.7	41.0
	参考情景	32.5	38.0	41.8	41.7	37.5
	低增长情景		37.5	40.7	40.1	35.6
	节能目标		16.0%	20.0%	25.0%	30.0%
粗钢/ 10^8 t	高增长情景		7.2	7.9	8.4	6.6
	参考情景	6	7.1	7.7	7.1	4.8
	低增长情景		7.3	7.0	5.6	3.6
	循环替代目标		30.0%	40.0%	45.0%	50.0%
铜/ 10^4 t	高增长情景		1 018.1	1 079.2	899	613
	参考情景	792	892.4	831.3	601	369
	低增长情景		800.7	656.3	441	295
	循环替代目标		30.0%	40.0%	43.0%	45.0%
铝/ 10^4 t	高增长情景		1 696.7	1 582.7	1 293	867
	参考情景	1 526	1 635.7	1 370.7	916	571
	低增长情景		1 431.0	1 161.2	818	387
	循环替代目标		30.0%	40.0%	43.0%	45.0%

4 结论与启示

矿产资源在经济发展各个阶段的重要程度不同,并且处于不同历史发展阶段的国家或地区有不同的矿产资源需求和消费特点。通过探索消费水平、消耗强度与经济发展相互之间的关系,我们发现矿产资源消耗存在两个拐点:一是矿产资源消耗强度达到峰值时对应的拐点,矿产资源由粗放利用向集约利用转变;二是矿产资源消费水平达到峰值时对应的拐点,矿产资源消费由增加向减少转变。目前,我国处于工业化转型期,经济增长方式正在发生转变,矿产资源消费强度峰值开始显现,并开始出现缓慢下降的趋势,但随着人们生活水平的提高,基础设施不断完善,矿产资源消费水平将继续呈现上升的趋势,未来我国矿产资源需求空间仍然很大。预计我国矿产资源需求峰值将在“十三五”、“十四五”时期陆续出现,经济发展与资源环境承载力之间的矛盾将愈加突出。因此,在工业化经济成熟之前,特别是在经济结构和产业结构没有发生重大变革之前,既要保证经济快速发展,又要大幅降低资源消耗,需要政府在政策方面给予积极引导。下一步笔者将着力就如何“限制不合理需求、扩大资源有效供给”问题进行深入探讨,利用资本、制度和技术等手段提出保障我国矿产资源可持续供应的具体措施。

参考文献(References):

- [1] Harvey S P ,Lr Lowdon W. Natural Resources Endowment and Regional Economic Growth [M]. New York: Resources of the Future Inc. ,1961.
- [2] Malenbaum W. World Demand for Raw Materials in 1985 and 2000 [M]. New York: McGraw-Hill ,1978.
- [3] Clark A L ,Jeon G J ,*et al.* Consumption trends in the Asia-Pacific region 1960 -2015 [R]. Pacific Economic Cooperation Conference. Manila ,Philippines ,1990.
- [4] Vincent J R. Resource depletion and economic sustainability in Malaysia [J]. *Environment and Development Economics* , 1997 ,2(1) : 19-37.
- [5] Sachs J ,Warner A. The curse of natural resources [J]. *European Economic Review* ,2001 ,45(1) : 827-838.
- [6] Stijns J-P. Natural resource abundance and human capital accumulation [R]. Working Paper of University of California at Berkeley ,2001.
- [7] 付英,陈尚平,卜善祥,等. 矿产资源与社会经济发展[M]. 北京: 地震出版社,1994. [FU Ying ,CHEN Shang-ping ,PU Shan-xiang ,*et al.* Mineral Resources and Social Economic Development. Beijing: Earthquake Press ,1994.]
- [8] 张雷. 中国矿产资源持续开发与区域开发战略调整[J]. 自然资源学报,2002 ,17(2) : 162-167. [ZHANG Lei. Strategic adjustment about the sustainable development of mineral resources and regional development in China. *Journal of Natural Resources* ,2002 ,17(2) : 162-167.]
- [9] 王安建,王高尚,等. 能源与国家经济发展[M]. 北京: 地质出版社,2008. [WANG An-jian ,WANG Gao-shang ,*et al.* Energy and Nation Economic Development. Beijing: Geological Press ,2008.]
- [10] 钱纳里 H ,等. 工业化和经济增长的比较研究 [M]. 中译本. 上海: 上海三联出版社,1986. [Chenery H ,*et al.* Industrialization and Growth: A Comparative Study. Chinese Version. Shanghai: Shanghai Sanlian Publishing House ,1986.]
- [11] Ayres R U ,Warr B. Economic growth models and the role of physical resources [M]// Bartelmus P. Unveiling Wealth: On Money ,Quality of Life and Sustainability. Kluwer Academic Publishers ,2002.
- [12] Corden W M ,Neary J P. Booming sector and de-industrialization in a small open economy [J]. *Economic Journal* ,1982 , 92(3) : 825-848.
- [13] 陈佳贵,黄群慧,钟宏武. 中国地区工业化进程的综合评价和特征分析[J]. 经济研究,2006 ,41(6) : 4-15. [CHEN Jia-gui ,HUANG Qun-hui ,ZHONG Hong-wu. The comprehensive evaluation and characteristics analysis of regional industrialization in China. *Economic Research* ,2006 ,41(6) : 4-15.]
- [14] 景普秋. 基于矿产开发特殊性的收益分配机制研究[J]. 中国工业经济,2010(9) : 15-25. [JING Pu-qiu. Study on the income distribution mechanism of mineral development based on specific characteristics. *China Industrial Economics* , 2010(9) : 15-25.]
- [15] 徐康宁,王剑. 自然资源丰裕程度与经济发展水平关系的研究[J]. 经济研究,2006(1) : 78-89. [XU Kang-ning , WANG Jian. Research on the relationship between the amount of natural resources and the level of economic development. *Economic Research* ,2006(1) : 78-89.]

The Inflection Point Theory of Mineral Resources Demand and Peak Forecast

REN Zhong-bao^{1,2}, WANG Shi-hu², TANG Yu², ZHOU Hai-dong²

(1. China University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083, China;

2. China Academy of Land & Resource Economics, Beijing 101149, China)

Abstract: The contradiction between mineral resources finiteness and rapid growth of demand became increasingly prominent. These questions such as in the future, rapid economic development requires how many mineral resources and when reaching demand peak in China, are the basis of formulating mineral resource strategy. The study proposed double inflection points theory of mineral resource consumption: on the one hand, the peak that mineral resource consumption intensity reaches corresponds with the inflection point, as mineral resources utilization transforms from the extensive to intensive; on the other hand, the peak that mineral resources consumption level reaches corresponds with the inflection point, as mineral resources consumption converts increase to reduce. After logic derivation, it support this theory by the evolution track of mineral resource consumption and the economic development in the United States. Through comparative study, it suggests that mineral resources demand in China has great potential in the next few years. Choosing the BP neural network and ridge regression forecast methods, comprehensive consideration of the economic development, population change and technology progress, based on the Matlab software, it forecasted mineral requirements and peak inflection point in China. The prediction results show that energy demand inflection point in the 14th Five-Year Plan period will peak for 4.5 – 5 billion tons of standard coal; steel demand inflection point in the 13th Five-Year Plan period will peak for 800 million tons; copper demand inflection point in the 13th Five-Year Plan period will peak for 9 million tons; and the peak of aluminum demand inflection point in the 12th Five-Year Plan period is 16 – 17 million tons.

Key words: mineral resources; inflection point of demand; peak value of demand; secure supply