

教育部人文社会科学研究资助项目 (编号: 11YJA630204)

矿山开发的环境响应及生态承载力研究：以煤炭为例

张兆响 著



中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

研究资助项目(编号:11YJA630204)

矿山开发的环境响应及生态 承载力研究:以煤炭为例

张兆响 著

中国矿业大学出版社

内 容 简 介

本书将矿产资源开发利用的经济活动置于社会、经济、生态三维复合系统中,就矿产资源开发利用与区域经济发展的耦合关系问题展开探讨研究,并选取典型性、普遍性煤炭矿区进行实证研究。希望通过定性与定量相结合的分析方法,将经济学理论与矿业发展的实践相结合,探讨矿业经济可持续发展的新思路。

图书在版编目(CIP)数据

矿山开发的环境响应及生态承载力研究:以煤炭为例/张兆响著. —徐州:中国矿业大学出版社,2014.11

ISBN 978 - 7 - 5646 - 2546 - 7

I. ①矿… II. ①张… III. ①矿产资源开发—研究—中国 IV. ①F426.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 262326 号

书 名 矿山开发的环境响应及生态承载力研究:以煤炭为例

著 者 张兆响

责任编辑 潘利梅

出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司

(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)

营销热线 (0516)83885307 83884995

出版服务 (0516)83884895 83884920

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

印 刷 江苏徐州新华印刷厂

开 本 850×1168 1/32 印张 5.75 字数 150 千字

版次印次 2014 年 11 月第 1 版 2014 年 11 月第 1 次印刷

定 价 35.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

目 录

1	绪论	1
1.1	研究背景	1
1.2	研究的理论基础	6
1.3	国内外研究动态	18
1.4	主要研究内容及研究方法	21
2	国内外煤炭资源与开发利用分析	25
2.1	世界煤炭资源与开发利用现状	25
2.2	中国煤炭资源与开发利用现状	30
2.3	我国煤炭资源开发的“资源优势陷阱效应”	36
3	煤炭矿山开发的环境响应分析	43
3.1	煤炭矿山开发及阶段性分析	43
3.2	煤炭矿区生态环境系统	47
3.3	煤炭资源开发的环境破坏分类及相互作用分析	52
3.4	煤炭资源开发的生态环境累积效应	62
4	煤矿区生态承载力评价模型和指标体系构建	71
4.1	生态承载力概述	71
4.2	生态承载力判定指标及指数表达式	90
4.3	矿区生态承载力的评价指标体系构建	94

4.4	生态承载力综合评价法	108
5	矿产资源的资源耗竭与综合承载力研究	110
5.1	矿产资源耗竭性研究	110
5.2	区域矿产资源最优耗竭模型构建	117
5.3	矿产资源综合承载力	126
6	煤矿区生态承载力实证研究	140
6.1	研究区域概况	140
6.2	系统变量与指标分析	146
6.3	矿区生态承载力评价	149
6.4	矿区加强生态建设的建议	159
7	问题与展望	162
7.1	问题	162
7.2	展望与建议	164
	参考文献	167

1 绪 论

1.1 研究背景

矿产资源是人类社会赖以生存的一种重要物质基础,是国家安全与经济发展的重要保证。全世界 95% 的能源以及 80% 的工业原材料都来自于矿产资源。我国是一个矿业大国,我国的矿产资源在世界上占有举足轻重的地位。由于经济发展的持续需求,近年我国主要矿产产量持续增加,国家对矿产资源勘查投入也持续增加。2012 年,我国煤炭、粗钢、水泥等矿产品产量稳居世界首位。全国一次能源产量 33.2 亿吨标准煤,同比增长 4.4%;原煤产量 36.5 亿吨,同比增长 3.8%;原有 2.07 亿吨,增长 2.3%;天然气 1 071.5 亿立方米,增长 4.3%;粗钢 7.2 亿吨,增长 4.7%。矿产资源勘查投入方面,2012 年共投入超过 1 200.21 亿元(见图 1-1)。其中,油气矿产勘查投入 786.1 亿元,同比增长 16.5%;非油气矿产勘查投入 414.1 亿元,同比下降 6.6%。另据统计,我国采矿业在工业总产值中的比重虽然只有 5.8%,但采矿及以矿产品为原料的加工业总产值却占全部工业的 68%。然而我国矿山开采和工业化过程中的资源耗费率高,损失浪费严重,不仅消耗了大量的矿石资源,而且造成了严重的大气、水系、土壤污染,引发了长期性、大范围的生态破坏,给矿区的生产活动和居民生活带来了不利影响。随着我国工业化进程的加快,对矿产资源需求会越来越来

越大,作为技术密集型和资本密集型的矿产开发产业如何在保护好矿区生态环境的前提下得到可持续发展,成为众多学者和政府管理部门共同关心的课题。

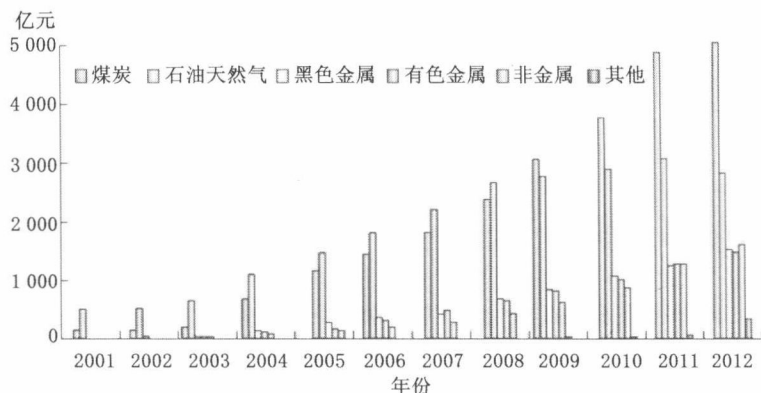


图 1-1 采矿业固定资产投资变化

1.1.1 经济发展与资源约束

改革开放 30 多年来,我国国民经济一直保持连续快速发展的势头。尽管受到 2008 年全球金融风暴和整个世界经济不景气的影响,我国国内生产总值年均增长率仍然一直保持在 8% 左右,这既得益于改革开放的总方针和及时调整制定适于形势变化的有关经济政策,又更是得益于资源的有力保障——矿产资源保证了经济持续高速发展。可以说,资源与经济发展已形成了互为促进的格局。根据《中国矿产资源报告 2013》提供的资料,2012 年,一次能源生产总量为 33.2 亿吨标准煤,同比增长 4.4% (见图 1-2)。生产结构为:原煤占 76.5%,原油占 8.9%,天然气占 4.3%,水电、核电、风电等占 10.3%。生产以煤炭为主,其占比由 2000 年的 73.2% 升至 2012 年的 76.5%;石油占比由 2000 年的 17.2% 降至 2012 年的 8.9% (见图 1-3)。

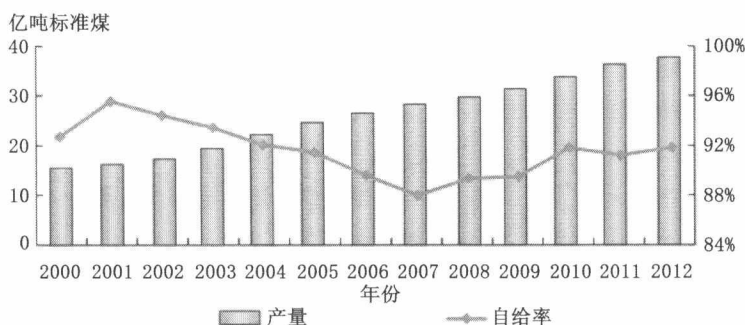


图 1-2 一次能源生产情况

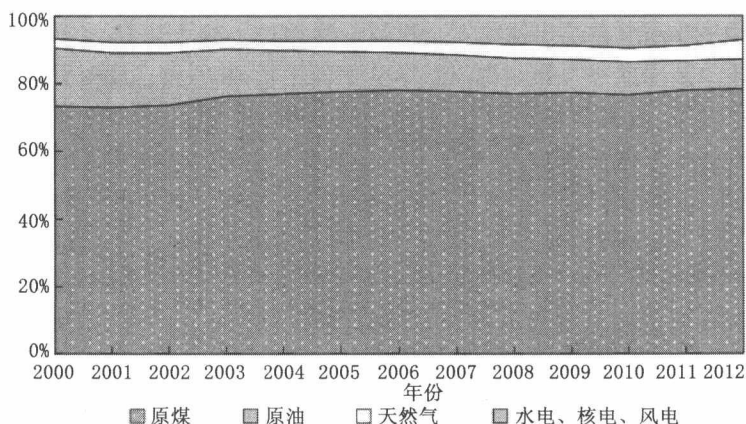


图 1-3 能源生产结构图

煤炭产量 36.5 亿吨,同比增长 3.8%,连续多年居世界第一位。石油产量 2.07 亿吨,增长 2.3%(见图 1-4),居世界第四位。天然气产量 1071.5 亿立方米,增长 4.3%,居世界第七位。

金属矿产品供应方面也稳步上升。2012 年,中国铁矿石、粗钢(图 1-5)、钢材、十种有色金属产量均位居全球第一。

我国对矿产资源勘查投入和主要矿产产量持续增加,显示出

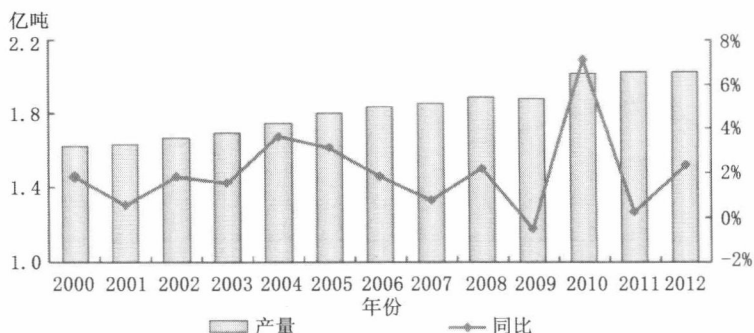


图 1-4 石油产量及变化

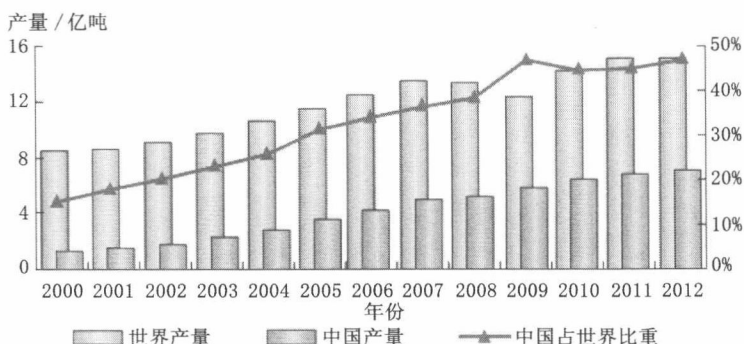


图 1-5 中国粗钢产量与世界产量对比

国民经济对矿产资源的持续需求增长。但从另一方面也反映了经济发展受到的资源约束日益突出。“我国人均能源资源拥有量在世界上处于较低水平,煤炭、石油和天然气的人均占有量仅为世界平均水平的 67%、5.4%和 7.5%。”^[1]虽然近年来我国能源消费增长较快,但目前人均能源消费水平还比较低,仅为发达国家平均水平的三分之一。随着经济社会发展和人民生活水平的提高,未来能源消费还将大幅增长,资源约束不断加剧。“‘十一五’期间我国

GDP 年均增长 11.2%, 超过规划预定增速 3.7 个百分点。与此相对应, 能源消费年均增长 6.6%, 消费总量达到 32.5 亿吨标准煤。能源消费过快增长给经济运行造成诸多压力, 煤电油运持续紧张, 安全生产事故时有发生。”^[2]

1.1.2 经济发展与生态环境约束

快速的经济发展造成了大量的资源消费, 特别是化石能源中煤炭的大规模开发利用, 对生态环境也造成了严重影响。我国在一次能源消费结构中煤炭一直占 3/4 左右的高水平, 是世界上少数的能源消费以煤为主的国家之一。而我国的煤炭一般含硫较高, 故燃煤排放的二氧化硫急剧增加。据监测统计, 1995 年全国二氧化硫的排放量已达 2370 万吨。2009 年全国近 2/3 的城市二氧化硫年平均浓度超过国家二级标准, 日平均浓度超过三级标准。由此引起的酸雨范围不断扩大, 已由 20 世纪 80 年代初的西南局部地区, 扩大到西南、华南、华中和华东的大部分地区。另外, 由矿产开采还不可避免地造成以下环境问题: 一是对土地和植被的直接破坏, 如露天开采会直接毁坏地表土层和植被, 地下开采会导致地层塌陷; 二是矿山废弃物中的酸性、碱性、毒性或重金属成分, 通过径流和大气飘尘会破坏周围的土地、水域和大气, 其污染影响面将远远超过废弃物堆置场的地域和空间^[3]。在区域不同程度的土地占用、水土流失、大气和水资源污染、植被破坏、地表裂缝和重金属污染日益严重; 三是尾矿、矸石等废弃物需要大面积的堆置场地, 从而导致对土地的过量占用和对堆置场原有生态系统的破坏。矿山资源的不可再生性和矿山开发所遗留的环境问题构成了对人类社会可持续发展的威胁。以煤炭行业为例, 《2009 年中国地质环境公报》指出, 全国因采矿引起的地面塌陷达 180 多处, 塌陷坑 1 600 多个, 塌陷面积 6.5 万公顷, 每年因采矿发生的地面塌陷造成损失达 4 亿元以上。因露天采矿、开挖和各类废渣、废石、尾矿的堆置, 侵占破坏土地 586 万公顷, 破坏森林 106 万公顷, 破坏草地 26.3 万公顷。地表植被破坏和

大量堆放的固体废弃物,导致严重的水土流失和土地荒漠化,如准格尔煤田土地沙化面积已占煤田面积的 21%。

然而在未来相当长时期内,我国能源结构中化石能源仍占主体地位的基本现实难以改变,因此,在矿山开发建设的同时,保护矿区的生态环境,加强矿区土地复垦与生态重建是一项具有战略意义的系统工程。

1.2 研究的理论基础

1.2.1 资源禀赋理论

资源禀赋理论^[4]解释了国际贸易发生的机理及其与经济的关系,是一种贸易理论。在经济学中,资源禀赋理论最直接地将资源条件与经济发展相联系,从某种意义上说,就是从贸易即资源空间替代的角度研究资源与经济关系的问题。

古典的资源禀赋理论主要包括了斯密的绝对成本理论和李嘉图的比较成本理论。斯密认为,各国分工与贸易的基础是其自然资源有利的禀赋条件,其优势表现在气候、土壤等资源或后天的有利生产条件,各国在此基础上生产自己具有绝对优势的产品进行贸易。李嘉图所提出的比较成本理论则认为,即使一个国家生产的所有产品都优于或都不优于其他国家,通过合理分工生产各自具有比较优势的产品,通过国际分工与国际贸易,各国仍然能够从中得到好处,从而促进经济发展。

现代资源禀赋理论最有代表性的是赫克歇尔—俄林的资源禀赋理论,又被称为 H-O 原理。该理论是由瑞典经济学家埃利·赫克歇尔(E. Heckscher, 1879~1952)提出的。他认为,比较成本差异的产生必须具备两个条件:第一,两个国家生产要素禀赋不同;第二,不同产品在生产过程中所使用的要素比例不同,否则两国间

不能产生贸易。而赫克歇尔的学生贝蒂尔·俄林(B. G. Ohlin, 1899~1979)在其基础上创立了完整的资源禀赋理论,并因此获得了1977年度诺贝尔经济学奖。

俄林认为,生产要素禀赋的相对差异决定了区域分工与贸易,进而决定了国际分工与贸易的产生。生产要素的差异具体表现在几个方面:① 土地与矿产资源的差异;② 资本的差异;③ 劳动力素质和数量的差异;④ 技术水平的差异;⑤ 经营管理水平的差异。根据生产过程中所包含的生产要素密集程度的不同,各国的国际贸易品可以分为四种:劳动密集型商品、资源密集型商品、资本密集型商品和技术密集型商品。因此,最终生产要素禀赋差异成为贸易产生的重要条件,而贸易的实质是国家之间充裕要素与稀缺要素的交换,各国比较利益的地位是由各国拥有的生产要素相对充裕程度决定的。

美国经济学家费农(R. Vernon)和威尔士(C. T. Wells)对资源禀赋理论技术差异进行比较动态分析后,提出了产品生命周期理论。他们把产品生命分为四个阶段:① 创新产品阶段,此时的产品是技术密集型的;② 定型产品生产阶段,此时产品由技术密集型转为资本密集型;③ 定型产品发展阶段,产品进一步由资本密集型向劳动密集型转变,比较利益由技术力量较强国家开始转到劳动力较富裕国家,从而引起国际贸易格局的变化;④ 标准化产品阶段,产品开始大批量标准化生产,原来技术创新国失去优势而变为进口国,生产成本较低的国家则占据了优势而变为出口国。这一理论为分析资源产品或资源产业生命周期,以及资源经济日益国际化、全球化条件下区域产业布局与资源合作等,提供了重要解释。

1.2.2 资源消耗生命周期理论

(1) 矿产资源消耗周期理论^[4,5]的产生

资源消耗生命周期理论是将不同阶段经济发展与相应的矿产

资源消耗相联系的一种理论,重点对工业化与现代化过程中经济发展矿产资源支撑的直接研究与具体分析。

包括我国在内,各国在现代化建设也就是工业化与城市化的过程,其显著特征是对化石能源与矿物原料的大规模开发与利用。在 18 世纪中期到 19 世纪末(1750~1899 年)的一个半世纪中,全球工业革命的主要地区集中在英国、法国、德国等西欧地区以及北美的美国和加拿大,当时的工业化对农业社会还有很大的依赖性,在经济发展的资源利用上,非矿物可再生资源占有相当大的比重。1901 年的西欧和美国,45%以上的工业总产值来自轻工和纺织两大部门,矿产资源开发和加工部门的比重只占 25%左右,农业在 GNP 中保持着 20%左右的比重,对国家 GNP 增长的贡献仅比工业低 5 个百分点。换言之,100 年前西欧和美国 GDP 中约有 45%来自可再生的生物资源,而来自矿产资源的约为 55%。

进入 20 世纪后,新技术革命蓬勃兴起,更为高效的石化能源得到广泛利用、更为便利的电力迅速普及,这大大推进了以现代制造业为主体的整个工业结构的快速调整与全面升级,导致整个社会的资源消费结构出现急剧变化。矿产资源消耗的迅速增长引发了社会的极大关注。为提高资源的有效保障能力,人们开始探讨经济发展与矿产资源利用的规律,进而推动了矿产资源社会消费行为的研究,20 世纪 40 年代美国成立了未来资源基金会。但是,受当时统计和分析技术手段的限制,这类研究工作进展十分缓慢,直到 20 世纪 60 年代,矿产资源消费需求生命周期的研究才出现重大突破。

1961 年,哈维(S. P. Harvey)和洛顿(W. Jr. Lowdon)首先发表了“自然资源禀赋与区域发展”的文章,根据美国 200 年工业化的实践提出了资源开发与工业化发展阶段的理论。这一理论认为,资源始终是人类社会发展的物质基础。所不同的是,随着工业

化的发展社会生产的资源投入或社会消费的需求结构会发生明显变化,因而各类资源在社会经济发展不同阶段的作用也就不尽相同。以美国为例,其区域开发最初的 50 年(1790~1840 年)里,东部的纽约、波士顿、费城以及巴尔的摩一带,农业土地资源开发在整个国家经济发展中占据了主导地位。此后近 100 年中,大规模的矿产资源开发,则使美国成为世界矿产资源开发与矿产品加工的基地,其结果是 1930 年美国的煤炭、石油、钢铁及各类有色金属的产量均达到全球第一。大约从 20 世纪中叶(1940~1954 年),服务业开始快速发展,并成为美国经济发展的中心。

1972 年,马林堡姆(Malenbaum)开始创立矿产资源消费强度理论。通过分析世界 80 多个国家矿产资源消费需求增长的长期变化过程,马林堡姆认为国家工业化发展的矿产资源消费强度的变化,反映了以人均收入为量度的地区国民经济发展的水平。据此,他提出了处于不同发展阶段的国家或地区,应存在有不同的矿产资源需求和消费特征。1978 年,他在《1985~2000 年世界矿产原料消费》一书中进一步指出,各类金属及能源矿种的消费需求都存在着同一性的变化规律。而马林堡姆首次提出的矿产资源消费的时间过程分析,又被称为矿产资源需求生命周期的时间效应或马氏时间过程理论^[5]。1990 年,克拉克(A. L. Clark)和杰奥恩(G. J. Jeon)提出了矿产资源消费的结构分类理论(简称“克—杰”分类理论),进一步完善了马氏的矿产资源需求生命周期的时间效应理论。他们根据世界各国矿产资源消费过程的差异特点,初步确定了现代工业化过程中矿产资源需求结构的基本类型和特征。

(2) 矿产资源生命周期理论的基本内容

根据马氏的时间过程研究和“克—杰”的分类方法,矿产资源需求生命周期理论的框架由两个基本部分构成,即时间定义域和空间定义域。

时间定义域,是指经济发展对特定矿产资源开发利用的需求过程会表现出倒“U”字形的生命周期(见图 1-6),这种周期由初始、增长、成熟和衰落四个阶段组成。这种阶段的划分与工业化发展过程的初始、中期和后期三个阶段大体相适应。

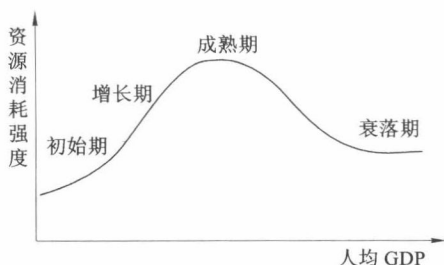


图 1-6 矿产资源消耗倒“U”形曲线

例如,美国工业化过程对钢的消费强度的变化就呈现明显的倒“U”字形特征。19 世纪末,美国工业革命处在发展的初期阶段,国家经济的主体依然表现出明显的农业社会特征,当时人均 GDP 不足 200 美元(1900 年不变价格),矿产品消费强度不足 130 吨/百万美元,但经济发展对矿产品的投入保持着旺盛的需求。20 世纪 30 年代初,美国人均 GDP 达到 1 500 美元,钢产品消耗强度超过 180 吨/百万美元。此后,随着人均 GDP 的增长,钢产品的消费增长开始进入成熟期。直到第二次世界大战爆发前,钢消费强度基本保持在 200 吨/百万美元的水平上。进入 20 世纪 50 年代,美国经济发展对钢产品的消费需求开始出现快速下降,钢产品消费生命周期进入衰落阶段。到 1967 年,美国单位 GDP 的钢产品消费已重新回落到了 19 世纪末的水平。

空间定义域,是指处于工业化不同发展阶段的国家或地区,矿产资源消耗上会呈现出空间差异,表明资源利用模式的变化。

根据世界工业化过程中矿产资源大规模开发的先后,发达成

度不同的国家或地区在其经济发展各个阶段的矿产资源需求结构,大体上可以划分为三大基本类型(见图 1-7)^[6],而每一种类型又都有各自的主导矿种。具体类型划分及其代表性的金属与能源矿种如下:

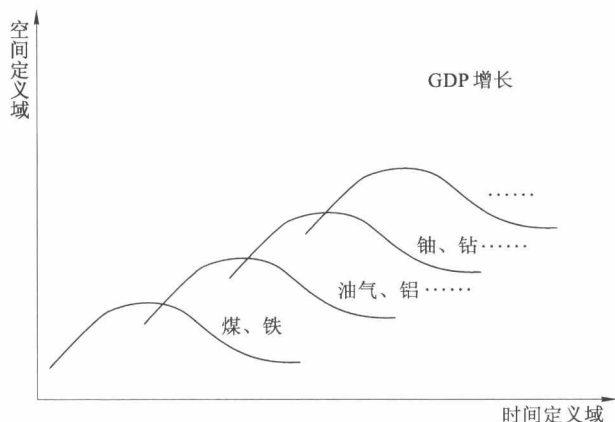


图 1-7 矿产资源消耗生命周期曲线

- ① 传统类型:主导矿种有煤、铁、铜、铅、锌、锡等矿种;
- ② 现代类型:主导矿种有石油及天然气、铝、铬、锰、镍、钒等矿种;
- ③ 新兴类型:主导矿种有铀、钴、锆、钼、稀土元素以及钽等矿种。

一般说来,传统类型矿种是工业化初期阶段所倚重的矿产资源。例如,煤炭和铁矿石在工业化初期分别占世界一次能源和金属矿产消耗的 80%。现代类型矿种则在工业化开始进入成熟及技术较为发达阶段后被广泛使用,例如铝和铬等金属。新兴类型矿种则在经济结构多样化及技术先进的发达国家得到初步应用,例如核电发展带动了铀矿开采规模的扩大。并且,从现代世界区域开发的实践来看,这三种类型的划分恰好与处在不同发展阶段

的发展中国家、中等发达国家和发达国家的矿产资源消费特征相一致。

矿产资源消耗生命周期理论告诉我们:

① 经济发展与矿产资源消耗之间存在着重要的相关关系,没有资源的支撑,经济发展就缺乏物质基础,是难以进行的。

② 特定资源的消耗与经济发展过程之间的关系不是简单的线性关系,不同经济发展阶段的资源支撑有着很大的不同,或者说不同的经济发展阶段有着不同的经济增长方式。因此,需要不同的资源组合即资源集来支撑。在这一点上,经济增长阶段论与增长极限论之间有着本质的差别。

③ 最重要的是,经济发展阶段性的特点表明,在研究经济发展资源支撑问题时,要科学地把握经济发展与资源消耗的时间坐标与空间坐标,以此为基础研究特定经济发展阶段的资源消耗与资源支撑的规律。

1.2.3 资源生态价值理论

资源生态价值理论^[6]是指任何物品只有作为商品进行交换时,才能衡量其价值。矿产资源是不可再生资源,其价值主要体现在有效性和稀缺性上。资源的稀缺性(scarcity)最原始的含义是指由于社会资源有限性使这个社会不可能生产出能够满足所有人需求的商品和服务。用总生产函数来表明上述要素之间的关系,其数学表达式为:

$$Q = A \cdot F(K, L, R) \quad (1-1)$$

式中 Q ——产出;

K ——资本投入;

L ——劳动力投入;

R ——自然资源投入;

A ——经济中的技术水平;