

论钢铁行业能耗、物耗、排放的宏观调控

陆钟武,蔡九菊,杜涛,岳强,高成康,王鹤鸣

(东北大学工业生态学研究所,沈阳 110819)

[摘要] 强调了对钢铁行业能耗、物耗和排放进行深入、透彻研究的重要性,说明了本研究工作的指导思想、思维方式和理论基础,构思了一张钢铁行业宏观调控网络图,推导了一组多比值计算式;它们都是进行精准、有效的宏观调控所必备的理论工具。回顾过去,确定了我国钢铁行业能耗高、物耗高、排放高的主要原因;展望未来,提出了今后调控工作的原则、方向和长远目标。本文初次阐明了钢铁行业宏观调控的理论和方法。

[关键词] 钢铁行业;钢产量;能耗、物耗、排放;宏观调控网络图;宏观调控计算式

[中图分类号] F426 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2015)05-0126-06

1 前言

近些年来,我国钢铁行业的能耗高、物耗高、排放高是个大问题,全国上下都很关注,报刊杂志上发表了评论^[1-3];但是,大家的看法很不一致,甚至有些看法是针锋相对。这种情况对于解决我国钢铁行业的这个大问题十分不利。因此,对这个问题进行认真的研究显得十分重要和紧迫。笔者的基本观点是必须对我国钢铁行业进行宏观调控,才能从根本上治愈它能耗高、物耗高、排放高的痼疾。

研究工作的指导思想是贯彻落实党的十八大和十八届三中全会精神,进行全面深化改革,建设资源节约型、环境友好型社会^[4,5]。研究工作所采用的思维方式是分析思维(还原论)和综合思维(整体论)二者的结合。分析思维的特点是抓住一个东西,特别是物质的东西进行分析,直至分析到极其细微的程度,可是往往忽略了整体联系。综合思维的特点是有整体观念,讲普遍联系,而不是只注意

个别枝节或局部。研究工作的理论基础,是在“工业生态学”研究工作中长期积累起来的有关理论成果,主要是一系列概念、公式和图表等^[6-9]。

2 扩大视野

全面深入研究钢铁行业的能耗、物耗、排放问题的关键是扩大视野。在研究工作中,既要关注钢铁行业内部的各主要参数,又要关注外部的各主要参数。钢铁行业不是一个独立的系统,而是社会经济系统中的一个子系统。

现将钢铁行业内部、外部必须关注的各主要参数分别列举并说明如下。

1) 钢铁行业内部的参数:a.钢铁行业的能耗(E),吨标煤/年;b.钢铁行业的物耗(M),吨实物/年;c.钢铁行业的排放(W),吨废物/年;d.钢铁行业的废物产生量(W'),吨废物/年e.钢产量(P),吨/年;f.原生钢产量(P_1),吨/年;g.再生钢产量(P_2),吨/年。以上各参数,虽然属于钢铁行业内部的参数,但它们

[收稿日期] 2015-04-19

[基金项目] 中国工程院咨询项目(2014-XY-07,2015-XY-11);国家自然科学基金资助项目(41401636,51474067,71373003,41301643)

[作者简介] 陆钟武,1929年出生,男,上海市人,中国工程院院士,教授,博士生导师,研究方向为冶金热能工程和工业生态学
王鹤鸣,1982年出生,男,河北秦皇岛市人,博士,研究方向为工业生态学;E-mail:wanghm@smm.neu.edu.cn

的数值大小,仍与钢铁行业的外部条件有关。

2) 钢铁行业外部的参数: a. 在役钢量(S), 吨/年; b. 实际完成的GDP值(G), 元/年; c. 国家规划的GDP值(G'), 元/年; d. 人口数量(C), 人; e. 投资量(Z), 元/年。这些参数, 虽然属于钢铁行业外部的参数, 看似与钢铁行业无关, 但它们却可能会对整个钢铁行业产生重要的影响。

3) 七个关键参数的简要说明。a. 原生钢产量(P_1): 是指某年某国从铁矿石中提炼出来的钢产量。b. 再生钢产量(P_2): 是指某年某国从废钢中提炼出来的钢产量。c. 在役钢量(S): 是指某年某国处于使用过程中的全部钢制品所含的钢量。所谓钢制品, 是指各种人造含钢制品, 包括房屋建筑、基础设施、机器设备、交通工具、各类容器、生活用品等。由于各种钢制品的使用寿命是有限的, 因此, 凡是已报废或不再使用的钢制品中所含的钢量, 均不再计入在役钢量之内。例如, 2010年某国的在役钢量如图1所示。图中, 设该年钢制品平均寿命为20年, 故该年该国的在役钢量(若不考虑进出口贸易及库存量的变化)为 $S_{2010} = P_{2010} + P_{2009} + \dots + P_{1992} + P_{1991}$ 。某年某国的在役钢量是支撑该年该国GDP的物质基础之一。为了把钢产量问题研究清楚, 在役钢量的概念是不可或缺的。

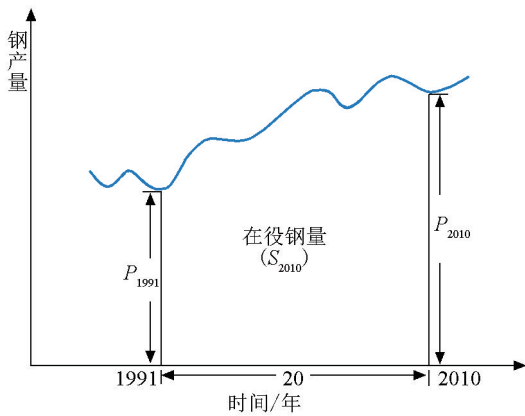


图1 某年某国在役钢量示意图^[9]

Fig. 1 Schematic diagram of in-use steel^[9]

d. 实际完成的GDP值(G): 是指某年某国实际完成的GDP统计值。e. 国家规划的GDP值(G'): 是指按国家正式发布的中长期计划规定的GDP增速, 计算出来某年某国的GDP值(近十多年来, 我国五年计划均规定“人均GDP十年翻一番”)。f. 人口数

量(C): 是指某年某国人口的数量。g. 投资量(Z): 是指某年某国中央、地方及社会投入国民经济的资金量。在投资量中, 一部分是投向兴建固定资产的, 所以对钢产量的需求量有直接影响。

3 绘制网络图

3.1 钢铁行业宏观调控网络图

按照钢铁行业内部、外部各主要参数相互之间的关联情况, 绘制了一张“钢铁行业宏观调控网络图”, 其中标明了各主要参数在图中的位置以及各相邻参数之间的比值式, 见图2。

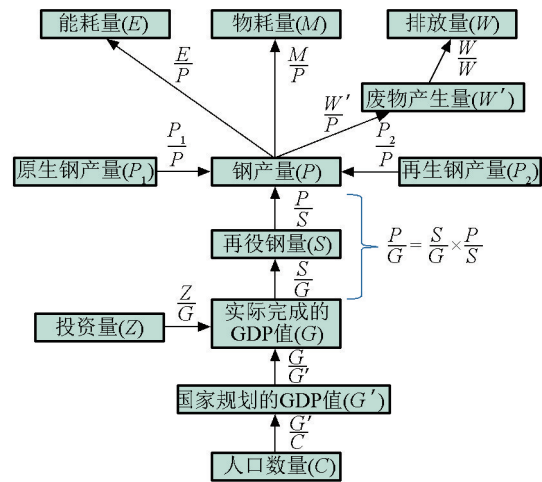


图2 钢铁行业宏观调控网络图

Fig. 2 The network diagram for macro-control on steel industry

3.2 相邻参数之间的比值

在网络图上, 各对相邻参数之间的比值, 如表1所列。因钢铁行业内部和外部的主要参数共有12个, 故相邻参数之间的“比值”有11个。

3.3 关于网络图的补充说明

1) 网络图很重要, 因为它追根溯源, 统揽全局; 这张图很好懂, 因为它层次分明, 经纬清晰; 这张图很实用, 因为图中的每一个比值都能使钢铁行业的 E 、 M 、 W 发生变化。钢铁行业外部的各项比值, 直接影响的是钢产量, 通过钢产量的变化再去影响 E 、 M 、 W 。

2) 网络图有两种读法: 一是由上向下读, 即由网络图顶层的“能耗量、物耗量、排放量”一直读到“人口数量”为止。这是“由近及远”、“由果到因”的读法。二是反过来, “由远及近”、“由因到果”的读法。

表1 网络图中各对相邻参数之间的比值表

Table 1 The ratios between neighboring parameters of the network diagram

| 比值 | 内容 | 名称 | 单位 |
|---------|---------------------|--------------|--------|
| E/P | 钢铁行业能耗量/钢产量 | 吨钢能耗 | 吨标煤/吨钢 |
| M/P | 钢铁行业物耗量/钢产量 | 吨钢物耗 | 吨实物/吨钢 |
| W/P | 钢铁行业废物产生量/钢产量 | 吨钢废物产生量 | 吨废物/吨钢 |
| W/W' | 钢铁行业废物排放量/钢铁行业废物产生量 | 废物排放率 | 吨/吨 |
| P_1/P | 原生钢产量/钢产量 | 原生钢比 | 吨/吨 |
| P_2/P | 再生钢产量/钢产量 | 再生钢比 | 吨/吨 |
| P/S | 钢产量/在役钢量 | 单位在役钢的钢产量 | 吨/吨 |
| S/G | 在役钢量/GDP值 | 单位GDP的在役钢量 | 吨/万元 |
| G/G' | 实际完成的GDP值/国家规划的GDP值 | GDP完成率 | 万元/万元 |
| G'/C | 国家规划的GDP值/人口数量 | 人均GDP(国家规划值) | 万元/人 |
| Z/G | 投资量/实际完成的GDP值 | 投资比 | 万元/万元 |

3)在钢铁行业宏观调控的实际工作中,要根据具体情况,找准少数几个主要参数和参数间的比值,进行调控。这样,可收到更好的效果。所谓宏观调控,有点像中医的点“穴”。在这个意义上,这张图亦可称之为“钢铁行业宏观调控的经络图”。

4 推导计算式

本节将在网络图的基础上,导出一系列计算公式,为科学地进行钢铁行业宏观调控提供必需的计算工具。

4.1 单比值计算式

在每个单比值计算式中,都只有一个比值。

在网络图中,每一对相邻参数之间,都能写出一个这样的计算式。11个单比值计算式如下所示。

$$E = P \times \frac{E}{P} \quad (1)$$

式(1)中, E 为某年某国钢铁行业能耗,吨标煤/年; P 为某年某国钢产量,吨/年。

$$M = P \times \frac{M}{P} \quad (2)$$

式(2)中, M 为某年某国钢铁行业物耗,吨实物/年。

$$W = W' \times \frac{W}{W'} \quad (3)$$

式(3)中, W 为某年某国钢铁行业废物排放量,吨废物/年。

$$W' = P \times \frac{W'}{P} \quad (4)$$

式(4)中, W' 为某年某国钢铁行业废物产生量,吨废物/年。

$$P_1 = P \times \frac{P_1}{P} \quad (5)$$

式(5)中, P_1 为某年某国原生钢产量,吨/年。

$$P_2 = P \times \frac{P_2}{P} \quad (6)$$

式(6)中, P_2 为某年某国再生钢产量,吨/年。

$$P = S \times \frac{P}{S} \quad (7)$$

式(7)中, S 为某年某国在役钢量,吨/年。

$$S = G \times \frac{S}{G} \quad (8)$$

式(8)中, G 为某年某国实际完成的GDP值,元/年。

$$G = G' \times \frac{G}{G'} \quad (9)$$

式(9)中, G' 为某年某国规划的GDP值,元/年。

$$G' = C \times \frac{G'}{C} \quad (10)$$

式(10)中, C 为某年某国的人口数,人。

$$Z = G \times \frac{Z}{G} \quad (11)$$

式(11)中, Z 为某年某国的投资量,元/年。

以上各式虽然看似都很简单,但都很重要。例如,式(1)告诉我们,研究钢铁行业能耗问题,一定要特别关注钢产量(P),因为它是影响全行业能耗、物耗、排放的重要因素。

4.2 多比值计算式

1)钢铁行业能耗、物耗、排放的多比值计算式

联立式(1)及式(7)~(10),得

$$E = C \times \frac{G'}{C} \times \frac{G}{G'} \times \frac{S}{G} \times \frac{P}{S} \times \frac{E}{P} \quad (12)$$

式(12)是依据某年某国钢铁行业能耗量(最顶层

参数)与该国人口数量(最底层参数)的关联程度建立起来的多比值计算式。由于这两个参数在网络图上相隔5个层次(见图2),所以公式中含有5个比值。

同理,联立式(2)及式(7)~(10),得

$$M = C \times \frac{G'}{C} \times \frac{G}{G'} \times \frac{S}{G} \times \frac{P}{S} \times \frac{M}{P} \quad (13)$$

式(13)是在钢铁行业物耗量(M)与人口数量(C)之间建立起来的多比值计算式,其中也含5个比值。

联立式(3)、式(4)及式(7)~(10)得

$$W = C \times \frac{G'}{C} \times \frac{G}{G'} \times \frac{S}{G} \times \frac{P}{S} \times \frac{W'}{P} \times \frac{W}{W'} \quad (14)$$

式(14)是在钢铁行业排放量(W)与人口数量(C)之间建立起来的多比值计算式,其中含有6个比值。

如图2可见,式(12)~(14)将最顶层的参数与最底层的参数相关联,都是自上而下、“一竿子插到底”的计算式。这些计算式可用来对钢铁行业宏观调控的各项措施和效果,进行综合定量评价。

2)钢产量的多比值计算式。联立式(7)~(10),得

$$P = C \times \frac{G'}{C} \times \frac{G}{G'} \times \frac{S}{G} \times \frac{P}{S} \quad (15)$$

式(15)是在钢产量(P)与人口数量(C)之间(相隔4个层次)建立起来的多比值计算式,式中含有4个比值,每个比值对钢产量都有调控作用。式(15)可用来就4个比值对钢产量宏观调控的具体效果进行综合定量评价。

3)人均钢产量的多比值计算式。在式(15)等号两侧同除以人口数量(C),得

$$\frac{P}{C} = \frac{G'}{C} \times \frac{G}{G'} \times \frac{S}{G} \times \frac{P}{S} \quad (16)$$

式(17)是某年某国人均钢产量(P/C)的多比值计算式,其中含4个比值。该式表明:某年某国人均钢产量取决于两个因素:一是人均GDP,即 $\frac{P}{C} = \frac{S}{G} \times \frac{P}{S}$; 二是单位GDP钢产量,即 $\frac{G}{C} = \frac{G'}{C} \times \frac{G}{G'}$ 。

4.3 两点说明

1)前面已经说过,多比值计算式中的每一个比值都对 E 、 M 、 W 等值有影响。现在要强调的是:这些比值的乘积,才是影响 E 、 M 、 W 等值的综合的、最终的因子。即使每一个比值的变化都不大,但是它们的乘积就会有较大的变化。例如,式(12)中有5个比值,其中每个比值只升高1%,它们的乘积就会升高5.1%。因此,在宏观调控工作中,对每个比值和它们的乘积这两方面都要关注。

2)前述各个多比值计算式都是静态的计算式,

而经济运行过程是动态的,式中的各个比值每年都在变化。因此,在实际工作中,这是必须考虑的问题。这方面具体的说明可参见5.1节。

5 回顾过去

回顾过去,得出的判断和主要看法是: G/G' 、 Z/G 、 S/G 、 P/S 、 P_1/P 及 W/W' 6个比值均过大,致使我国钢铁行业的能耗量、物耗量、排放量均过大,资源能源约束矛盾突出,环境污染严重。若继续下去,资源能源将难以为继,环境将不堪重负。若不采取拯救措施,可能会出现严重后果。

5.1 G/G' 比值过大

近20年来,国家规划的GDP增速是“人均GDP十年翻一番”,即GDP年均增速约为7.2%。但是,在“唯GDP论”思想的误导下,各级政府互相攀比、层层加码。省级政府把它提高到9%~11%,市级政府进一步提高到11%~13%,个别市甚至提高到20%以上。而且,各级政府似乎都有权执行他们自己制定的规划,而置国家的规划于不顾。这样执行的结果是:全国GDP年均增速高达10%,而不是7.2%,二者的差别,虽然只有3个百分点,但是在指数增长的模式下,若干年后, G 值就会比 G' 值高得多(见图3)。 G/G' 比值过大,是钢产量过大,钢铁行业能耗量、物耗量、排放量都过大的重要原因之一。

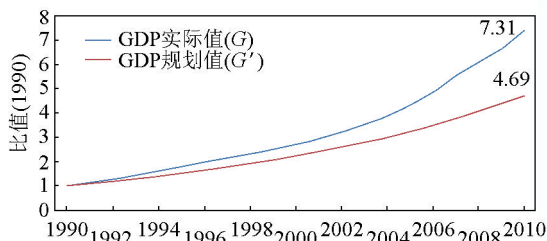


图3 中国1990—2010年期间GDP实际值和规划值
Fig. 3 China's GDP in reality and in calculation of economic plans 1990—2010

注:以1990年作为基点;数据来源于中国统计年鉴2014、国民经济和社会发展第9~12个五年规划纲要^[10,11]

5.2 Z/G 比值过大

国民经济运行过程中,每年都需要有新的投资。这是正常现象。但投资率过高,主要靠投资拉动经济是不正常的,是不可持久的。与此同时,投资率过高也是我国近些年来,钢产量过高的重要原因之一。因为在国民经济中,钢作为基础和结构材

料几乎是无处不在的;每年的投资项目中,哪怕只有很少一部分用到钢材,对钢产量的拉动作用也是不小的。近些年来,我国投资率一路飙升,1990年为24.35%,2000年为36.82%,2010年上升到69.27%,2013年竟高达78.59%^[10],实属罕见。投资率过高的问题,是我国宏观调控中的一个大问题,也是钢产量过高的重要原因之一。

5.3 S/G 比值过大

在役钢量与GDP的比值(S/G)是宏观经济方面的一个指标。一般而言,这个比值的大小,取决于产业结构、产品结构、技术水平和管理水平等。由式(12)~(14)可见,这个比值越大,越不利于钢铁行业的节能、降耗、减排。我国进入新世纪以来,这个比值逐步增大。2000年为1.289,2007年上升到1.556,2012年高达1.786(内部计算结果)。那些年我国正处在重化工业时期,在此期间 S/G 稍高一些是需要的,但这个比值过大,是不正常的。 S/G 这个比值过大,很重要的原因是一些不正常现象很多,其中包括:形象工程、政绩工程、楼堂馆所、超标建筑、空置房屋以及经济结构不合理,经济社会效益低下等。浪费、糟蹋了大量钢材。

5.4 P/S 比值过大

同样的道理,钢产量与在役钢量之比,即单位在役钢的钢产量过大,也不利于钢铁行业的节能、降耗和减排。2000—2007年,我国的这个比值从0.1005猛增至0.1547;2008年后因世界金融危机,此比值回落到0.1266(内部计算结果)。影响 P/S 值的因素有二:一是钢产量升降情况;二是钢制品平均使用寿命。下面将就这两个因素对 P/S 值的影响进行分析。

1) 钢产量升降对 P/S 值的影响。为简明起见,设2010年某国钢产量为 $P_{2010}=1.0 \times 10^8$ 吨/年,钢制品平均寿命 $\Delta\tau=20$ 年。在不考虑进出口贸易和库存量变化的情况下,说明以下三种情况下的 P/S 值。

若在1990—2010年的20年内,该国钢产量保持 1.0×10^8 吨/年不变(见图4中曲线①),则2010年该国在役钢量等于 $20 \times 1.0 \times 10^8 = 20 \times 10^8$ 吨。故2010年该国的 $P/S=1.0 \times 10^8 / 2 \times 10^9 = 0.05$ 。

若在1990—2010年,该国钢产量持续上升(见曲线②),则2010年该国的 P/S 值必大于0.05,且钢产量增长越快,此比值越大。

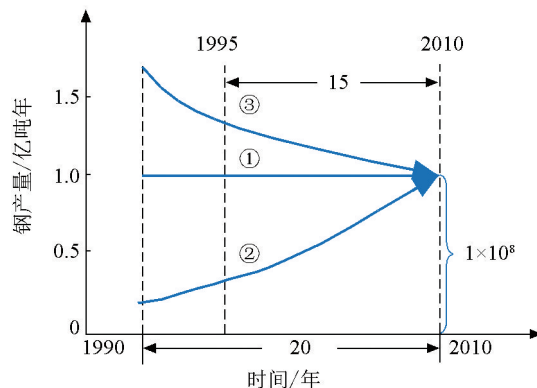


图4 钢产量升降对 P/S 值的影响

Fig. 4 The effect on P/S from changes in steel output

若在1990—2010年,该国钢产量逐年下降(见曲线③),则2010年该国的 P/S 值必小于0.05,且钢产量下降越快,此比值越小。

2) 钢制品平均寿命对 P/S 值的影响。假设钢制品平均寿命为15年(其他假设同上节),现说明以下三种情况。若在1995—2010年,该国钢产量保持 1.0×10^8 吨/年不变,则2010年该国在役钢量等于 $15 \times 1.0 \times 10^8 = 15 \times 10^8$ 吨。故2010年该国的 P/S ,大于上节的0.05。

若在1995—2010年,该国钢产量持续上升,则2010年该国在役钢量必小于 15×10^8 吨/年,故 $P/S > 0.0667$ 。若在1995—2010年该国钢产量逐年下降,则2010年该国在役钢量必大于 15×10^8 吨/年,故 $P/S < 0.0667$ 。

总之,2000—2007年,我国 P/S 比值猛增的原因:一是钢产量增长过快;二是钢制品寿命大幅缩短。那么,为什么钢制品寿命会缩短呢?我们认为以下7种现象的影响最为显著,即:拆迁房屋、豆腐渣工程、烂尾工程、废弃的违规建设项目、淘汰落后产能、天灾损毁的固定资产、事故损毁的固定资产。必须说明,以上各现象,虽然都是使 P/S 值上升的重要原因,但情况各异,如何处理,要区别对待。

5.5 P_1/P_2 比值过大

钢铁工业的铁源只有两个:一是铁矿石,二是废钢。直接从铁矿石炼出来的叫做原生钢,从废钢炼出来的叫做再生钢。某年某国的钢产量(P)等于原生钢产量(P_1)与再生钢产量(P_2)之和,即 $P=P_1+P_2$;或 $P_1/P+P_2/P=1$ 。

长期以来,我国因废钢资源一直较为短缺,所

以 P_1/P 比值一直过大,而 P_2/P 比值过小。近些年来,这种情况更为严重, P_1/P 值竟高达 0.9 左右。

原生钢生产过程的弊端是:吨钢的能源、资源消耗量和废物产生量都比再生钢多得多;例如,吨原生钢的能耗约为再生钢的三倍左右。因此,原生钢比(P_1/P)过大,是我国钢铁行业长期以来高能耗、高物耗、高污染的一个重要原因。

但是,为什么我国废钢资源会如此短缺呢?研究工作已阐明:a.某年某国废钢资源的充足程度是相对于该年该国的钢产量而言的,主要指标是废钢资源量与钢产量之比;b.这个比值的大小与该国内前些年钢产量的变化密切相关^[12,13]。现就这方面的三种典型情况说明如下:在钢产量逐年增长的情况下,国内的废钢资源必比较短缺。而且,钢产量增长越快,废钢资源越短缺;在钢产量逐年下降(或突然下降)的情况下,国内的废钢资源必比较充足。而且,钢产量下降越快,废钢资源越充足;在钢产量稳定的情况下,国内废钢资源的充足程度介于以上两种情况之间。

我国属于上述第一种情况:钢产量持续高速增长,尤其是近些年来,钢产量超高速增长,废钢资源当然就短缺或严重短缺。

不过,可以预料,当我国钢产量进入稳定期、下降期后,废钢资源必将逐渐充足起来,甚至达到十分充足的程度。届时, P_1/P 比值必将逐年下降, P_2/P 比值必将逐年上升。这种变化,对钢铁行业节能、降耗、减排必将发挥积极作用。

5.6 W/W' 比值过大

钢铁行业的废物排放量(W)与其废物产生量(W')之比,是钢铁行业内部的一个比值。主要是指脱硫、除尘等末端治理方面做得不够好,在我国不少地方和企业,废水、废气、固体废弃物的处理以及再资源化等设施,还很不齐全。今后,需进一步配备和完善起来,降低这个比值。

6 展望未来

钢铁行业的宏观调控,实际上是我国社会经济系统进行全面深化改革的重要组成部分。调控工作的原则是:协调配套、循序渐进。绝不能只是“硬压”钢产量(或产能),而不进行全面改革。否则钢产量是会“反弹”的。今后,改革的主要方向如下所示。

1)坚决贯彻落实中央指示即一定要彻底转变观念,就是再也不能以国内生产总值增长率来论英

雄了,一定要把生态效率放在经济社会发展评价体系的突出位置^[14]。

2)各级地方政府制定的五年计划,必须经上一级政府审查批准后执行,再也不能允许“层层加码”。各级地方政府制定的 2015 年计划,必须按中央指示精神进行修改,并报上级政府审批。

3)要逐步扭转“靠投资拉动增长”的局面,使投资率逐步回归到正常的区间(约为 20%~30%)。

4)要进行全面深化改革,使单位 GDP 钢产量(T 值)逐步降低。改革主要方向是提高钢制品寿命,提高每吨在役钢的经济产出。如何实施?建议更多地引入监督主体,参与、监督乃至避免诸如形象工程、政绩工程、超标建筑、拆迁房屋、豆腐渣工程等事件的频发。

5)要加大对废钢加工、使用以及电炉钢生产流程的重视程度。我国的钢产量进入稳定期、下降期后,再生钢比(P_2/P)必将逐年较快上升,要未雨绸缪,做好有关各项准备工作。

6)更长远目标,是把单位 GDP 钢产量降到很低的程度,使之逐步与发达国家取齐。

7 结语

1)本文提出了钢铁行业宏观调控的网络图和计算式,基本上形成了一套自成体系的理论和方法。从初步试用的情况看,这套理论和方法较为实用,用起来也很方便,可作为我国钢铁行业宏观调控的重要参考。

2)本文涉及的学科领域较多,而笔者的知识面有限,所以希望有关各学科的专家、学者不吝赐教、批评指正。

致谢

本文在撰写过程中,得到徐匡迪院士、殷瑞钰院士、张寿荣院士和李明俊教授等专家学者的支持和帮助,特此感谢。

参考文献

- [1] 鲍丹. 钢铁业:如何迈过生死线? [N]. 人民日报, 2013-05-06 (19版).
- [2] 张占斌, 冯俏彬. 化解产能过剩, 推动经济转型[N]. 光明日报, 2014-04-30(15版).
- [3] 郭小燕. 钢铁行业的最大问题是过于分散[OL]. [2015-04-20]. http://www.csteelnews.com/special/1196/1198/201503/t20150307_275722.html. 2015-03-13.
- [4] 胡锦涛. 坚定不移沿着中国特色社会主义道路前进为全面建成小康社会而奋斗——在中国共产党第十八次全国代表大会上的报告[OL]. [2015-04-20]. <http://www.xj.xinhuanet.com/2012->

- 11/19/c_113722546.htm.
- [5] 中国共产党第十八届中央委员会. 中共中央关于全面深化改革若干重大问题的决定[OL]. [2015-04-20]. http://www.sn.xinhuanet.com/2013-11/16/c_118166672.htm.
- [6] 陆钟武. 穿越“环境高山”——工业生态学研究[M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- [7] 陆钟武. 工业生态学基础[M]. 北京: 科学出版社, 2009.
- [8] 陆钟武, 岳 强. 钢产量增长机制的解析及2000—2007年我国钢产量增长过快原因的探索[J]. 中国工程科学, 2010, 12(6): 4-11, 17.
- [9] 陆钟武, 岳 强, 高成康. 论单位生产总值钢产量及钢产量、钢铁行业的能耗、物耗和排放[J]. 中国工程科学, 2013, 15(4): 23-29.
- [10] 国家统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2014.
- [11] 国务院. 国民经济和社会发展第9-12个五年规划纲要[OL]. [2015-04-20]. <http://www.gov.cn/>.
- [12] 陆钟武. 关于钢铁工业废钢资源的基础研究[J]. 金属学报, 2000, 36(7): 728-734.
- [13] 陆钟武. 论钢铁工业的废钢资源[J]. 钢铁, 2002, 37(4): 66-70.
- [14] 中共中央文献研究室. 习近平关于全面深化改革论述摘编[M]. 北京: 中央文献出版社, 2014.

The macro-control on energy consumption, material consumption & waste emission of steel industry

Lu Zhongwu, Cai Jiuju, Du Tao, Yue Qiang,
Gao Chengkang, Wang Heming

(Institute of Industrial Ecology, Northeastern University, Shenyang 110819, China)

[Abstract] The importance of carrying out deep and thorough study on energy consumption, material consumption and waste emission of steel industry was emphasized. The guideline, way of thinking and theoretical base of the study were illustrated. A network diagram for macro-control on steel industry was conceived, and a group of multi-ratio formulas was derived; both of them are necessary theoretical tools for precise and effective macro-control on steel industry. Looking back, the main reasons for extra huge amount of energy consumption, material consumption and waste emission of China's steel industry were identified. Looking forward, the principle, direction, and long-term target of the macro-control in the future were put forward. In a word, the theory and methodology of the macro-control on steel industry were initially formulated.

[Key words] steel industry; steel production; energy consumption; material consumption and waste emission; network diagram for macro-control; macro-control formulas