

# 中国碳排放增长的宏观因素及可持续增长模式选择

吕 品, 彭 勇, 胡剑锋

(浙江理工大学经济管理学院, 杭州 310018)

**摘 要:** 基于 1990~2007 年时间序列数据,通过构建碳排放与经济增长各宏观因素关系的 C-D 函数模型,分析得出:技术进步、最终消费支出、资本形成总额、货物及服务净出口对我国碳排放年增长率的贡献额,最终消费支出和技术进步对碳排放增长有抑制效果。根据这一结论,将我国经济发展分为“高增长,高效率”,“低增长,低效率”,“低增长,高效率”,“高增长,低效率”4 种发展模式。由于消费和技术进步是拉动经济增长的强大动力,因此扩大内需和促进技术创新是我国实现可持续发展的必然途径。

**关键词:** 碳排放; 贡献额; 增长模式

**中图分类号:** F206

**文献标识码:** A

## 0 引 言

改革开放以来,随着我国经济的快速发展,CO<sub>2</sub> 的排放也在快速增长。从 1990~2007 年,我国 CO<sub>2</sub> 排放量以年均 6.51% 的速度增长。十七大报告指出,我国要加强应对气候变化的能力,为应对全球气候变化作出新贡献,这是我国实现可持续发展的必然要求。据国际能源组织统计数据显示,2007 年我国二氧化碳的排放量已居世界第一<sup>[1]</sup>。2009 年 12 月 7 日哥本哈根气候变化会议的召开,对发展中国家采取自主减缓温室气体排放的行动作出了安排,中国的发展将面临着越来越多的压力。我国要实现真正的可持续发展,就必须在经济增长的同时不断改善环境,减少 CO<sub>2</sub> 的排放。随着我国经济结构的转型调整步伐加快,减排问题引起了许多学者的关注,主要的研究集中在两个方面:一是从经济结构和消费结构方面讨论经济发展对减排的影响,其中具有代表性的有:张雷<sup>[2]</sup>用多元化指数的方法分析了经济发展对碳排放的影响,认为经济结构的多元化和能源消费结构的多元化会导致国家从高碳燃料为主向低碳为主的转变;二是从影响我国碳排放量因素方面的研究,其中具有代表性的有:宋德勇<sup>[3]</sup>对 1990~2005 年的相关数据采用两阶段对数均值迪氏分解法(logarithmic mean Divisia index method, LMDI),将能源消费产生的碳排放相关影响因素分解为产出规模、能源结构、排放强度和能源强度 4 个方面,其中产出规模对碳的排放量有较强的促进作用,能源强度对碳的排放量有较强的抑制作用,指出有效控制和减少碳排放的根本途径在于切实转变增长方式;黄贤金<sup>[4]</sup>基于 EKC 模型,采用平均分配余量的分解方法,构建中国碳排放的因素分解模型,定量分析 1990~2005 年经济规模、产业结构和碳排放强度对碳排放的贡献,即规模效应、结构效应和技术效应,指出经济规模对碳排放变动具有增量效应,产业结构调整对碳排放具有一定的减量效应,但抑制作用并不明显,产业结构仍有待优化,技术效应波动性较大,总体上具有正的效应,从减少碳排放角度来看,现行技术对降低碳排放并未发挥优势;徐国泉<sup>[5]</sup>采用对数平均权重 Divisia 分解法(Logarithmic mean weight Divisia method, LMD),建立中国人均碳排放的因素分解模型,定量分析了 1995~2004 年间能源结构、能源效率和经济发展等因素

的变化对中国人均碳排放的影响,结果显示经济发展对拉动中国人均碳排放的贡献率呈指数增长,而能源效率和能源结构对抑制中国人均碳排放的贡献率都呈“倒 U 型”,这说明能源效率对抑制中国碳排放的作用在减弱,能源效率和能源结构的抑制作用难以抵消由经济发展拉动的中国碳排放量增长。

国内学术界普遍认为经济规模对于碳排放的增长有促进作用,科学技术对于碳排放的增长有一定的抑制作用,但是国内学者研究少有经济的增长动力与碳排放增长的关系,因此不能得出既能发展经济又能抑制碳排放增长的有效途径,即实现经济的可持续发展的途径。基于上面的考虑,本文将经济规模分为最终消费支出、资本形成总额、货物及服务净出口,即国家实施宏观政策拉动经济增长的“三驾马车”,得出技术进步和“三驾马车”对于碳排放增长率的贡献额;并对碳排放短期波动给予关注,以技术进步对碳排放增长的抑制效果和 GDP 年增长率为依据,并以此定义不同的经济增长方式,进而对碳阶段性特征作出分析,提出实现我国可持续发展的政策建议。

1 研究方法 with 数据来源

在考察经济增长对环境质量影响的研究中,最具代表性的是家格鲁斯曼(Crossman)和克鲁格(Krueger)根据经验数据得出的经济增长与环境质量之间的倒 U 型关系即环境库兹涅茨曲线(EKC)<sup>[6]</sup>,本文借鉴此理论构建碳排放的环境库兹涅茨曲线模型。

1.1 碳排放的环境库兹涅茨曲线(environment Kuznets curve,EKC)

$$E=a_0+a_1y+a_2y^2+a_3y^3$$

式中: $E$  表示碳排放量; $y$  表示经济发展的变量(常用人均 GDP 表示); $a_0$  为截距项;对于不同的  $a_1,a_2,a_3$  模型有不同的意义。当  $a_3>0$  时,模型表示人均碳排放量与人均 GDP 之间呈现 N 型的曲线关系;当  $a_3<0$  时,模型表示人均碳排放量与人均 GDP 之间呈现倒 N 型的曲线关系;当  $a_2>0$  且  $a_3=0$  时,模型表示人均碳排放量与人均 GDP 之间呈现 U 型的曲线关系;当  $a_2<0$  且  $a_3=0$  时,模型表示人均碳排放量与人均 GDP 之间呈现出倒 U 型的曲线关系;当  $a_1\neq 0$  且  $a_2=0$  和  $a_3=0$  时模型反映出人均碳排放量与人均 GDP 单调变化特征。

1.2 模型构建

$$E=AF(C,I,X-M)=AC^aI^{\beta}(X-M)^{\gamma}$$

式中: $E$  表示碳排放量; $A$  代表经济的技术状况; $C$  代表最终消费支出; $I$  代表资本形成总额即投资; $X-M$  代表货物及服务净出口即对外贸易; $a,\beta,\gamma$  为常数。

由微分学知识可知:

$$\Delta E=\Delta AC^aI^{\beta}(X-M)^{\gamma}+AaC^{a-1}I^{\beta}(X-M)^{\gamma}\Delta C+A\beta C^aI^{\beta-1}(X-M)^{\gamma}\Delta I+A\gamma C^aI^{\beta}(X-M)^{\gamma-1}\Delta(X-M)$$

则:

$$\frac{\Delta E}{E}=\frac{\Delta A}{A}+a\frac{\Delta C}{C}+\beta\frac{\Delta I}{I}+\gamma\frac{\Delta(X-M)}{X-M}$$

式中: $\frac{\Delta E}{E}$  表示碳排放的增长率, $E_C=a\frac{\Delta C}{C}$  表示最终消费支出对碳排放增长率的贡献额; $E_I=\beta\frac{\Delta I}{I}$  表示投资对碳排放增长率的贡献额; $E_{X-M}=\gamma\frac{\Delta(X-M)}{X-M}$  表示对外贸易对碳排放增长率的贡献额。若为正值,则表示对碳排放的增长有推动作用;若为负值,则表示对碳排放的增长有抑制作用。

1.3 数据来源

本文研究数据来源于中华人民共和国国家统计局官方网站(<http://www.stats.gov.cn>)及《中国能源统计年鉴》,包括大陆地区 31 省、自治区和直辖市,经济规模划分按照统计国内生产总值的支出法进行划分,具体来讲分为:最终消费支出、资本形成总额、货物及服务净出口的生产总值,即国家拉动经济增长的“三驾马车”。文章相关数据经过整理后得到表 1。

表 1  经整理后的碳排放量及相关数据

年份	碳排放量/万 t	最终消费支出/亿元	资本形成总额/亿元	货物及服务净出口/亿元	人均 GDP/元
1990	66 477. 8	12 090. 5	6 747	510. 3	1 692. 232 339
1991	69 803. 65	13 410. 216 36	7 487. 392 212	587. 628 964 3	1 855. 006 133
1992	72 628. 48	15 202. 394 28	8 913. 168 369	243. 545 125 8	2 078. 936 578
1993	77 425. 51	16 530. 397 37	11 863. 973 2	—512. 897 548 2	2 352. 529 429
1994	81 704. 71	17 658. 549 25	12 283. 423 14	382. 915 310 2	2 530. 236 772
1995	87 510. 67	18 995. 117 34	13 165. 475 81	516. 175 599 7	2 697. 861 539
1996	92 442. 55	20 960. 574 74	13 737. 589 18	696. 402 979 7	2 891. 972 882
1997	91 472. 85	22 349. 645 97	13 912. 875 83	1 648. 068 537	3 066. 554 797
1998	86 440. 26	24 141. 709 23	14 654. 093 59	1 698. 355 266	3 245. 738 499
1999	85 898. 44	26 403. 858 15	15 637. 944 09	1 203. 805 866	3 438. 030 314
2000	90 202. 33	29 164. 735 6	16 518. 971 48	1 133. 193 82	3 693. 845 096
2001	92 297. 31	31 483. 469 4	18 721. 748 13	1 094. 370 241	4 019. 493 349
2002	97 535. 49	340 22. 820 74	21 623. 990 49	1 468. 381 191	4 446. 388 362
2003	114 420. 02	36 322. 888 47	26 245. 977 15	1 400. 538 955	4 950. 157 828
2004	131 500. 9	39 282. 461 81	31 219. 286 41	1 841. 109 396	5 565. 348 926
2005	144 884. 06	43 372. 058 42	35 756. 486 33	4 532. 658 478	6 398. 268 777
2006	158 833. 69	48 312. 200 99	41 238. 356 4	7 275. 095 734	7 366. 080 36
2007	177 825. 82	53 684. 843 13	46 234. 295 36	9 745. 685 3	8 299. 829 999

注：以上有关 GDP 的数据均以 1990 年为基年剔除价格因素影响的实际值。

2  实证分析

2.1  环境库兹涅茨曲线(environment Kuznets curve,EKC)的估算及特征

Grossman 等学者得出：随着人均收入水平的提高，环境质量先恶化再改善，其原因是随着经济水平的提高，人们越来越重视环境质量，且科学技术的提高也会促进环境质量的改善，这一观点与诺贝尔奖获得者 Kuzents 提出的收入与经济增长之间的“倒 U 型”变化趋势类似，因而称为“环境库兹涅茨(Kuznets)曲线”<sup>[7]</sup>。运用 1990～2007 年的数据，得到的分析结果见表 2。

表 2  曲线模型中各参数值

参数	一次曲线	二次曲线	三次曲线
$a_0$	37086. 69	54226. 85	61766. 73
$a_1$	16. 31631	7. 561235	1. 588874
$a_2$	0	0. 000913	0. 002297
$a_3$	0	0	—9. 52E-08
F-statistic	448. 2846	305. 644	193. 1567
R-squared	9. 66E-01	0. 976049	0. 97641
Prob(F-statistic)	0	0	0

明显地，三次曲线的拟合效果 R-squared 大于一次曲线与二次曲线，且通过显著型检验，因此适合我国的环境库兹涅茨(Kuznets)曲线为：

$$E=61\,766.73+1.588\,874y+0.002\,297y^2-9.52\times10^{-8}y^3$$

由此可以看出，我国的环境库兹涅茨(Kuznets)曲线呈现出“倒 N 型”的特征。从三次曲线来看，两个极值点分别为人均 GDP—339 元和 16 624 元时取得。在人均 GDP 为正的情况下，我国碳排放量随着经济发展水平的提高而不断增多，在人均 GDP 达到 16 624 元时环境质量将得到改善。在我国现阶段人均 GDP 只有 8 300 元的情况下，未来很长一段时间内，我国的经济发展与环境质量不能协调发展；但当我国经济水平达到一定程度后，我国的环境质量将与经济发展水平协同发展，实现社会的可持续发展。为此，下面对碳排放增长的影响因素进行研究，探讨科学技术、最终消费支出、资本形成总额、货物及服务净出口分别在不同时期对碳排放变化率的影响程度、特点和规律。

2.2  碳排放增长率的影响因素

1990～2007 年，我国碳排放量呈上升趋势，年平均增长率为 6. 103 299%，碳排放的增长主要分为 3 个阶段：a)1990～1996 年，碳排放量逐步增长，年平均增长率为 5. 657 51%；b)1996～2001 年，碳排放量比较稳定，年平均增长率为 0. 965 2%，说明环境得到一定程度的改善；c)从 2002 年开始，碳排放量陡然增长，2003～2007 期间年均增长率为 11. 612 89%。

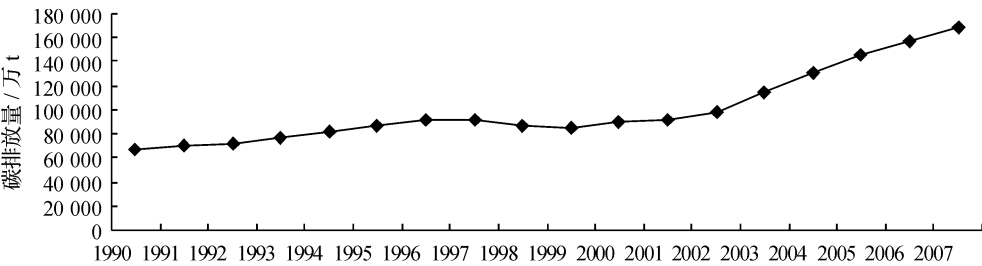


图1 1990~2007年我国碳排放量

对影响碳排放增长率的因素分为促进环境质量改善的科学技术和拉动经济增长的最终消费支出、资本形成总额、货物及服务净出口,利用柯布一道格拉斯(Cobb-Dauglas)函数求出各因素对碳排放增长率的贡献率大小,如表3。

表3 各因素对碳排放增长率的贡献率

年份	碳排放增长率	科技贡献率	消费贡献率	投资贡献率	对外贸易贡献率	GDP 贡献率
1990~1991	5.002 948 353	-28.298 105 23	-7.228 821 26	9.733 266 03	30.796 608 81	33.301 054
1991~1992	4.046 822 766	-39.950 731 98	-8.850 676 87	16.889 944 66	35.958 286 96	43.997 555
1992~1993	6.604 888	-70.815 590 4	-5.501 207 3	15.558 674	67.363 011 7	77.420 478
1993~1994	5.526 861	-71.893 617 4	-5.501 207 3	15.558 674	67.363 011 7	77.420 478
1994~1995	7.106 028 526	-39.409 836 21	-5.012 648 04	6.369 165 952	45.159 346 83	46.515 865
1995~1996	5.635 747 047	-30.078 875 98	-6.852 559 33	3.854 366 439	38.712 815 92	35.714 623
1996~1997	-1.048 975 823	-24.355 578 24	-4.388 867 55	1.131 737 712	26.563 732 26	23.306 602
1997~1998	-5.501 730 841	-16.442 897 33	-5.310 236 18	4.725 375 992	11.526 026 67	10.941 166
1998~1999	-0.626 814 403	-12.287 695 28	-6.205 607 8	5.954 943 04	11.911 545 64	11.660 881
1999~2000	5.010 440 236	-14.874 221 25	-6.924 858 23	4.997 090 492	21.812 429 23	19.884 661
2000~2001	2.322 534 241	-33.324 720 09	-5.265 310 62	11.827 553 54	29.085 011 41	35.647 254
2001~2002	5.675 333 333	-41.804 814 04	-5.341 599 93	13.749 748 07	39.071 999 23	47.480 147
2002~2003	17.311 165 4	-31.490 538 92	-4.477 148 04	18.958 340 01	34.320 512 36	48.801 704
2003~2004	14.928 226 72	-40.441 332 34	-5.396 098 62	16.806 999 28	43.958 658 4	55.369 559
2004~2005	10.177 238 33	-41.018 674 35	-6.894 661 08	12.890 578 44	45.199 995 32	51.195 913
2005~2006	9.628 133 005	-17.781 049 81	-7.543 286 38	13.598 198 12	21.354 271 08	27.409 183
2006~2007	11.957 242 82	-4.399 126 136	-7.364 821 74	10.745 416 11	12.975 774 59	16.356 369
平均	6.103 299 336	-32.862 788 53	-6.121 153 9	10.785 298 35	34.301 943 42	38.966 088

注:由于1993年数据对于计量模型有影响,因而舍去。表中1992~1993和1993~1994的数据由1992~1994的结果通过几何平均法计算而来。

1990~2007年,碳排放增长率介于-5.50173%到17.31117%之间,其中绝大部分年份为正增长,年平均增长率为6.103299%。对碳排放增长率起推动作用的为投资和对外贸易;对碳排放增长率起抑制作用的为科学技术和消费。a)科学技术对于碳排放增长率的抑制作用较大且明显大于消费的抑制作用,但是科学技术作用效果波动幅度较大,从-4.39912614%到-71.8936174%,年均值为-32.8627885%,说明要降低碳排放量根本在于加大对环保科技的投入;b)消费对于碳排放增长率的抑制作用波动不大,介于-4.38886755%到-8.85067687%之间,年均值为-6.1211539%,消费作为拉动经济增长的原动力,增大消费既能促进经济增长又能一定程度上抑制环境质量的恶化,因而对于实现经济社会的可持续发展具有深远意义;c)投资对于碳排放增长率的促进作用较稳定,介于1.131737712%到16.88994466%之间,年均值为10.78529835%,说明投资虽然具有促进经济增长的作用,但却在一定程度上加剧了环境的恶化。2009年金融危机后,我国推出了4万亿的经济刺激计划,绝大部分投资在基础建设领域,虽然对于我国迅速摆脱金融危机有重要作用,但从长远来看,可能会加大我国的环境压力;d)对外贸易对于我国碳排放的促进作用波动较大,介于11.52602667%到67.3630117%,年均值为34.30194342%,说明我国的出口额虽然居于世界第二,但由于出口产品集中于低附加值与高能耗的产品,导致了我国环境的恶化,所以从长远意义上讲,我国需要促进产业结构升级,改进技术,将低附加值产业转移出去,促进社会的经济发展和环境的改善。

### 2.3 1990~2007 年我国社会发展的阶段分析

按照碳排放增加推动因素主要是经济规模、而抑制碳排放增加的主要因素是科学技术这一观点,观察我国 1990~2007 年经济增长率和科技对碳排放的抑制作用的关系,结果得到:a)1990~1994 年,GDP 稳步增长,年均增长率为 11.911 800 7%,与此同时,科学技术对碳排放的抑制作用增强,年均贡献率为 -52.739 511 3%;b)1995~1999 年,GDP 增速缓慢,且增长率下滑,年均增长率为 7.358 182 9%,同时科学技术对碳排放的抑制作用显著减弱,年均贡献率为 -24.514 976 6%;c)2000~2004 年,GDP 增长率虽然有一定程度的上升,但相对而言增长率仍然不高,年均增长率为 10.852 021 5%,与此同时,科学技术对碳排放的抑制作用稍微增强,年均贡献率为 -32.387 125 3%;d)2005~2007 年,GDP 高速增长,年均增长率为 14.880 314 7%,同时科学技术对碳排放的抑制作用减弱,年均贡献率为 -21.066 283 4%。

根据我国的经济增长率和科学技术对碳排放增加的抑制作用大小将我国的社会发展分为 4 个阶段:a)1990~1994 年的“高增长,高效率”阶段。在此期间,1992 年确立了社会主义市场经济体制的改革目标,全面推进我国市场经济的发展;同时 1993 年建立现代企业制度,发展了我国的民营经济,并进行了相配套的金融体制改革和外贸体制综合改革,增强了我国中小企业的积极性,经济发展,设备更新,技术进步,经济年均增长率为 11.91%,科学技术对碳排放的抑制作用增强,呈现出“高增长,高效率”的发展模式。b)1995~1999 年的“低增长,低效率”阶段。这段时间,虽然经济仍然保持了增长,但是增速却明显地放缓,主要原因在于国家对于之前经济过热和重复投资的治理,致使投资额没有明显增长,且国有产权的改革对经济的增长有一定程度的影响,期间中国百年不遇的洪水和东南亚经济危机造成我国净出口增长率下降;同时环保科技方面并未得到很好的发展,虽然 1998 年实施了《节能法》,但并未对我国的碳排放量产生明显的影响,呈现“低增长,低效率”的发展模式。c)2000~2004 年的“低增长,高效率”阶段。在此期间,对我国经济具有深远影响的事件是 2001 年我国加入 WTO,正式成为世贸组织成员,由于东南亚国家尚未从经济危机的阴影中摆脱出来,对我国的经济仍有一定的影响,但加入 WTO 给我国的发展带来了很好的机遇,相对于上一阶段经济增长率明显提高,年均增长率为 10.85%,但相对于其他两阶段,经济增长仍然不足;同时由于《节能法》的作用开始显现,我国采取措施淘汰关闭了一批技术落后、污染严重、浪费资源的小企业,使碳排放增长率明显放缓,呈现“低增长,高效率”的发展模式。d)2005~2007 年的“高增长,低效率”阶段。由于加入 WTO 的持续影响,东南亚国家从经济危机中摆脱出来,我国的净出口明显改善,并且扩大内需和增加投资的宏观政策和 2005 年股权分置改革的启动对于我国的经济增长起到了很好的推动作用,年均增长率为 11.91%;同时上马大批高能耗、重复性的基础设施项目和工业项目,这些基础产业部门的过热增加了对能源的需求,致使碳排放量增加,经济的规模效应大于科技对碳排放增长率的抑制作用,呈现“高增长,低效率”的发展模式。其中,“高增长,高效率”是值得肯定的发展模式,“低增长,低效率”表明经济与环境均没有得到改善,“低增长,高效率”和“高增长,低效率”表明经济的发展与环境的改善不能协调发展。

## 3 结论及政策建议

3.1 环境库兹涅茨曲线(environment Kuznets curve,EKC)的模拟结果显示我国呈现“倒 N 型”的特征,表明经济和环境最终能实现协调发展,但是要看到我国目前离人均 GDP16624 元还有很长一段距离,在可以预见的一段时间内,我国的状况仍然是环境质量将随着经济的发展而恶化,这就需要我们完善我国的环境政策及环境治理机制,促进产业结构升级和环保科技的应用,以降低碳排放增长率。

3.2 基于实现可持续发展的目的,经济增长的影响因素最终消费支出、资本形成总额、货物及服务净出口同时也是碳排放增长率的影响因素,从各自对碳排放增长率的贡献额来看,净出口对碳排放有很大的推动作用,投资的推动作用次之,而消费对碳排放具有抑制作用。这表明,我国目前的出口主要是低附加值、高能耗的产品,虽然出口对经济有拉动作用,但从长远的可持续发展的角度来看我们不能过度地依赖出口;我国特殊的国情决定了我国的投资主要以国家投资为主,且集中于基础设施领域,投资在短期内能促进就业和拉动经济的增长,但是从长远来看不利于社会的可持续发展,应加大在高科技和新能源领域的投资;从欧美发达国家的经验来看,消费无疑是决定经济增长的最根本的动力。根据我国的数据得到的结果显示,消费扩大有利于抑制碳排放的增长,因而拉动内需便成为我国实现可持续发展的途径之一,既能促进经济的增长,又能

抑制碳排放的增加,这对我国的政策制定具有一定的指导意义。但值得注意的是由于现实的复杂性和样本的有限性,“消费和技术进步有利于碳排放的抑制”这一结论的普遍适用性是需要更深入研究和探讨的。

3.3 科学技术是抑制碳排放增长率的主要因素,加大对削减碳排放的技术的投入力度,发展低碳能源和可再生能源,改善我国面临的能源危机并提高能源利用效率,这对减低我国的碳排放量有深远意义;同时,技术的进步有利于提高生产率和推动经济的发展,因而促进科学技术的发展同样是我国实现可持续发展的途径之一。

参考文献:

[1] IEE of Japan. Handbook of Energy & Statistics in Japan[M]. International Association for Energy Economics, 2001.

[2] 张 雷. 中国一次能源消费的碳排放区域格局变化[J]. 地理研究, 2006(6): 1-9.

[3] 宋德勇, 卢忠宝. 中国碳排放影响因素分解及其周期性波动研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2009, 19(3): 22-28.

[4] 胡初枝, 黄贤金, 钟太洋, 等. 中国碳排放特征及其动态演进分析[J]. 中国人口·资源环境, 2008(3): 38-42.

[5] 徐国泉, 刘则渊, 姜照华. 中国碳排放的因素分解模型及实证分析: 1995~2004[J]. 中国人口·资源与环境, 2006, 16(6): 158-161.

[6] 李玉文, 徐中民, 王 勇. 环境库兹涅茨曲线研究进展[J]. 中国人口·资源与环境, 2005, 15(5): 7-14.

[7] 彭水军, 包 群. 经济增长与环境污染—环境库兹涅茨曲线假说的中国检验[J]. 财经问题研究, 2006(8): 3-17.

The Macro-Factor of the Growth of Carbon Emission and the Way to Realize Sustainable Growth Model in China

LÜ Pin, PENG Yong, HU Jian-feng

(School of Economics and Management, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

**Abstract:** Using the time series data from 1990 to 2007, the authors use Cobb-Dauglas function, and estimate the contribution rate of technology, consumption, investment and net export to carbon emission. The average growing rate of carbon emission is 6.10%, thereinto, the contribution rate of technology is -32.86% and GDP is 38.96%. Based on the contribution rate of technology and the growth rate of GDP, the authors define the following four economic growth modes, the“high growth with high efficiency”, “low growth with low efficiency”, “low growth with high efficiency”, and“high growth with low efficiency”. The research suggests that technology and consumption restrain the growth of carbon emission.

**Key words:** carbon emission; contribution rate; growth model

(责任编辑: 马春晓)