

中国石灰产业碳排放影响因素分析及趋势预测

王法军, 姚艳霞

(龙源(北京)碳资产管理技术有限公司, 北京 100037)

摘要:基于 LMDI 模型,以 2001—2012 年中国经济人口发展及石灰产业碳排放数据为样本,从 5 个方面对石灰产业的碳排放影响因素进行分解研究。结果表明,技术发展效应、经济增长效应以及人口规模效应是影响石灰产业碳排放量变化的主要因素,且影响趋势有所不同。基于 GM(1,1)模型对中国石灰产业未来碳排放量进行预测,2030 年排放量预测将达到 4.48 亿 t。基于影响因素分析及碳排放趋势预测结果,从技术创新、政策制定等方面对中国石灰产业的低碳发展提出建议。

关键词:LMDI 模型;GM(1,1)模型;石灰产业;碳排放;趋势预测

中图分类号:F206 **文献标志码:**A **文章编号:**1671—1807(2023)07—0138—07

全球气候变化是人类在 21 世纪面临的最重要的环境问题,也是最复杂的挑战之一。近年来,随着生活方式的改变和经济的快速发展,中国的二氧化碳排放量迅速增加。2020 年,中国二氧化碳年排放量约 100 亿 t,占世界二氧化碳总排放总量的 30.7%中国正面临着严峻的碳减排压力,怎样减少碳排放量目前已经成为中国重点关注与亟须解决的问题^[1]。2020 年,中国石灰总产量 3 亿 t 以上,占世界总产量的 70%以上。近年来,在有色、钢铁、化工等工业领域快速发展的带动下,中国工业部门的石灰消费量迅速增长,已成为石灰应用的主要领域^[2]。石灰生产是工业生产过程碳排放的第二大来源,仅次于水泥生产,其碳排放主要来源于 3 个部分,分别是煤炭燃烧碳排放、电力消耗碳排放以及工业过程碳排放。因此对其碳排放过程影响因素进行研究,对碳排放量进行预测有着重要意义^[3]。

目前有两种分析方法被广泛应用于量化社会经济驱动因素的分析,分别为结构分解法(SDA)与指数分解法(IDA)。指数分解法中的迪氏分解法(LMDI)因为没有残差,相比于其他方法更具有操作性与适应性,可以对总体指标进行有效分析解释以及保持各分解指标之间的高度一致性,被广泛应用于碳排放变化驱动因素分解方面的研究^[4]。有研究者利用 LMDI 模型对中国不同部门

和行业的碳排放影响因素进行研究,如工业部门、交通运输部门、制造业^[5-7]等。Liu 等^[5]利用 LMDI 模型分析了 1998—2005 年中国 36 个工业部门的工业碳排放变化。研究表明,1998—2005 年中国工业部门碳排放变化的主要原因是工业活动和能源强度。也有学者利用 LMDI 模型对能源消费碳排放的影响因素进行研究。刘芳和江海涛^[8]研究发现长三角地区的三大产业能源消费碳排放量在 2005—2019 年逐年增长,其中经济产出、产业结构、能源强度以及能源结构等都是相关的影响因素。LMDI模型也是分析区域碳排放变化驱动因素的重要手段^[9-11]。陈峰等^[9]以黄河流域 9 省区作为研究对象,采用 LMDI 模型计算了 2003—2019 年能源消费产生的碳排放量,并对其时空差异及其影响因素进行了分析。而在碳排放量预测方面,灰色模型 GM(1,1)已经有了广泛的应用,尤其是针对区域碳排放量的预测与计算^[12-14]。

尽管学术界对于利用 LMDI 模型与 GM(1,1)模型进行碳排放量变化驱动因素以及碳排放量的预测研究已经比较成熟,但是对于不同类型行业的相关研究目前仍比较缺乏,现有文献中也很少有针对中国石灰产业碳排放的相关研究。因此利用 LMDI 模型与 GM(1,1)模型对石灰产业的碳排放变化驱动因素进行分析,对 2023—2030 年碳排放量进行预测,中国石灰产业未来绿色低碳。

收稿日期:2022-11-19

作者简介:王法军(1995—),男,辽宁大连人,龙源(北京)碳资产管理技术有限公司,项目经理,工学博士,研究方向为碳减排规划、碳减排技术等;姚艳霞(1981—),女,陕西西安人,龙源(北京)碳资产管理技术有限公司,部门主任,硕士,研究方向为碳资产管理、碳交易等。

1 研究设计

1.1 LMDI 模型

指数分解分析法(IDA)是碳排放影响因素研究常用的方法。IDA又可被分为 Laspeyres IDA 和 Divisia IDA。其中, Laspeyres IDA 主要是在保持其他因素变量不变的条件下,对各个相关因素变量进行微分,得到某一因素变化对研究目标的影响。此方法的计算过程会不可避免地产生残差,导致结果存在较大误差。Divisia IDA 是将目标变量分解为各个因素变量,然后将它们都看作是时间的连续可微函数进行微分运算,并分解得出各个因素变量的变化对目标变量的贡献率。但是当存在数据小于等于 0 的情况时,无法处理平均权重的运算问题。而 LMDI 模型可以用对数对指数进行替换,从而很好地解决上述两种方法存在的问题^[9-11]。

根据 Ang^[15] 提出的 LMDI 模型以及相关文献,从碳排放结构效应(S_i)、碳排放强度效应(I)、技术发展效应(E)、经济增长效应(G)与人口规模效应(R)5 个方面对石灰产业的碳排放因素进行分解,构建的碳排放 LMDI 模型为

$$C = \sum_i C_i = \sum_i \left(\frac{C_i}{C} \frac{C}{P} \frac{P}{F} \frac{F}{R} R \right) = \sum_i S_i I E G R \quad (1)$$

式中: C 为石灰产业的碳排放总量; C_i 为消耗第 i 部分的碳排放量; i 为产生碳排放过程的种类; P 为石灰产量; F 为国民生产总值; S_i 为碳排放结构,用部分 i 产生的碳排放占碳排放总量的比例表示; I 为碳排放强度,用生产单位产品所产生的碳排放量表示; E 为技术发展程度,用单位国民生产总值生产的产品数量表示; G 为经济发展水平,用人均国民生产总值表示; R 为人口规模,用人口总数表示。

根据上述模型,设基期的碳排放量为 C^0 ,第 T 年的碳排放量为 C^T ,定义从基期第 T 年的碳排放增量为综合效应影响,为 ΔC 。则有

$$\Delta C = C^T - C^0 = \Delta C_S + \Delta C_I + \Delta C_E + \Delta C_G + \Delta C_R \quad (2)$$

式中: ΔC_S 为碳排放结构效应; ΔC_I 为碳排放强度效应; ΔC_E 为技术发展效应; ΔC_G 为经济增长效应; ΔC_R 为人口规模效应。

各种效应的计算公式如下:

$$\Delta C_S = \sum_i \frac{C_i^T - C_i^0}{\ln C_i^T - \ln C_i^0} \ln \frac{S_i^T}{S_i^0} \quad (3)$$

$$\Delta C_I = \sum_i \frac{C_i^T - C_i^0}{\ln C_i^T - \ln C_i^0} \ln \frac{I^T}{I^0} \quad (4)$$

$$\Delta C_E = \sum_i \frac{C_i^T - C_i^0}{\ln C_i^T - \ln C_i^0} \ln \frac{E^T}{E^0} \quad (5)$$

$$\Delta C_G = \sum_i \frac{C_i^T - C_i^0}{\ln C_i^T - \ln C_i^0} \ln \frac{G^T}{G^0} \quad (6)$$

$$\Delta C_R = \sum_i \frac{C_i^T - C_i^0}{\ln C_i^T - \ln C_i^0} \ln \frac{R^T}{R^0} \quad (7)$$

1.2 GM(1,1)模型

能源消费总量预测方法模型较多,主要包括时间序列法、回归分析法、情景分析法、灰色预测法、神经网络预测法等。而这部分研究就是基于灰色 GM(1,1)模型进行中国石灰产业的碳排放预测。GM(1,1)模型是一种通过对历史数据处理得到微分方程,并以微分方程为未来演化规律的预测方法,是灰色预测模型中最主要、最基础的模型,其建模过程如下:

已知数据数列 $x^{(0)} = [x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n)]$, 1 次累加后生成的序列为

$$x^{(1)} = [x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots, x^{(1)}(n)] \quad (8)$$

式中: $x^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k x^{(0)}(i)$, $k = 1, 2, \dots, n$, $x^{(1)}$ 的均值生成序列为

$$z^{(1)} = [z^{(1)}(2), z^{(1)}(3), \dots, z^{(1)}(n)] \quad (9)$$

式中: $z^{(1)}(k) = 0.5x^{(1)}(k) + 0.5x^{(1)}(k-1)$, $k = 2, 3, \dots, n$ 。

建立灰微分方程:

$$x^{(0)}(k) + ax^{(1)}(k) = b, k = 2, 3, \dots, n \quad (10)$$

相应的白化微分方程:

$$\frac{dx^{(1)}}{dt} + ax^{(1)}(t) = b \quad (11)$$

求解方程(11)得到

$$\hat{x}^{(1)}(k+1) = \left[x^{(0)}(1) - \frac{\hat{b}}{\hat{a}} \right] e^{-ak} + \frac{\hat{b}}{\hat{a}}, \quad k = 0, 1, 2, \dots, n-1, n \quad (12)$$

2 数据来源

研究主要采用中国石灰产业 2001—2012 年碳排放相关数据,使用上述年份数据的主要原因是中国石灰产业在 2012—2022 年的碳排放数据比较缺乏,并且因统计口径不同导致在不同文献资料中差异较大,而 2001—2012 年数据在中国碳核算数据库中有完整的统计,且统计口径一致,适合用来进行数据分析研究。其他文献中 2012 年以后的数据可以用来验证模型数据预测的准确性。2001—2012 年中国国民生产总值、人口规模数据来源于《中国统计年鉴 2021》。2001—2012 年石灰年产量数据以及石灰产业碳排放量数据来源于中国碳核算数据库^[16]以及相关文献^[3]。相关数据见表 1。

表 1 2001—2012 年人口规模、国民生产总值、石灰产量及碳排放数据(2001—2012 年)

年份	人口规模/ 万人	国民生产总 值/亿元	石灰产量/ 万 t	煤炭燃烧碳 排放量/万 t	电力消耗碳排 放量/万 t	工业过程碳排 放量/万 t	碳排放总 量/万 t
2001	127 627	110 863.1	13 000	3 543	277	8 879	12 699
2002	128 453	121 717.4	13 200	3 597	281	9 016	12 894
2003	129 227	137 422.0	13 573	3 699	289	9 270	13 258
2004	129 988	161 840.2	14 328	3 905	305	9 786	13 996
2005	130 756	187 318.9	15 430	4 205	328	10 539	15 073
2006	131 448	219 438.5	16 260	4 431	346	11 106	15 884
2007	132 129	270 092.3	17 110	4 663	364	11 686	16 713
2008	132 802	319 244.6	17 810	4 854	379	12 164	17 397
2009	133 450	348 517.7	18 700	5 096	398	12 772	18 266
2010	134 091	412 119.3	17 000	4 633	362	11 611	16 606
2011	134 916	487 940.2	20 550	5 601	437	14 036	20 074
2012	135 922	538 580.0	20 750	5 655	442	14 172	20 269

3 结果与讨论

3.1 石灰产业碳排放变化趋势

石灰产业 2001—2012 年碳排放总量以及各部分产生的碳排放量如图 1 所示。2001—2012 年,石灰产业碳排放总量基本呈逐年上升的趋势,2012 年的碳排放总量约为 2 亿 t。这主要是因为经济的高速发展,工业用石灰的需求迅速增加,而建筑用石灰量逐渐下降,对石灰原料的需求量增大,导致其碳排放总量随着石灰的产量增加而增加。其中,煤炭燃烧、电力消耗以及工艺过程的碳排放量均有逐年上升的趋势。

3 种排放过程所产生的碳排在碳排放总量中所占的百分比如图 2 所示。石灰产业大部分的碳排放来自工业过程,约占总排放量的 70%,其次是煤炭燃烧所产生的碳排放,约占总量的 28%,最后是电力消耗产生的碳排放,约占总量的 2%。据文献介绍^[3],石灰产业的工业过程排放主要来源于 5 个行业,分别为钢铁行业、化工行业、建材行业、有

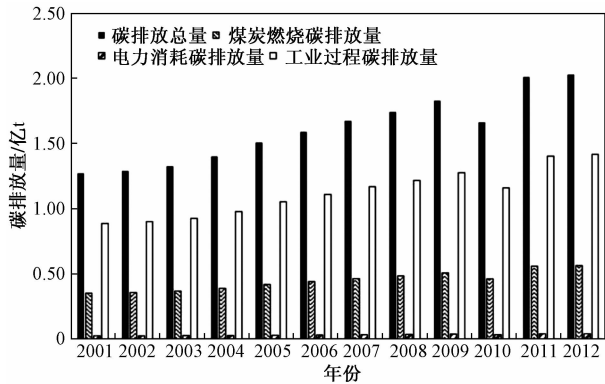


图 1 2001—2012 年石灰产业碳排放量

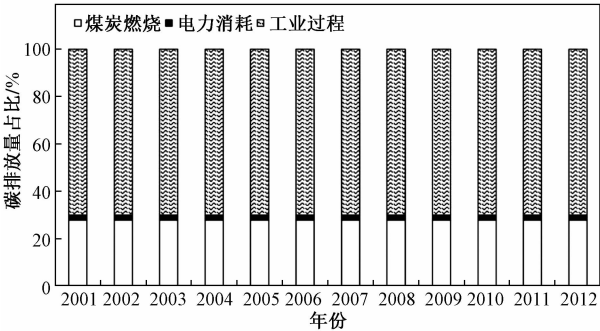


图 2 2001—2012 年 3 种排放过程的碳排放量占比

色行业以及环保行业。所以,降低上述 5 个行业在使用石灰材料过程的碳排放量,对于石灰产业总体的碳减排有着重要作用。

3.2 石灰产业碳排放变化影响因素分解分析

利用 LMDI 模型因素分解法对 2001—2012 年石灰产业碳排放变化量进行计算分析。根据式(3)~式(7),对碳排放结构效应(ΔC_s)、碳排放强度效应(ΔC_I)、技术发展效应(ΔC_E)、经济增长效应(ΔC_G)以及为人口规模效应(ΔC_R)对石灰产业碳排放量变化的影响进行计算,结果见表 2。

碳排放结构效应及碳排放强度效应对碳排放量逐年贡献值如图 3 所示。碳排放结构效应对石灰产业碳排放量的年平均贡献值为 94.28 t,对碳排放的影响主要呈正向驱动作用,与其他效应相比,贡献值较低,不是主要的影响因素。根据图 2 可知,在 2001—2012 年,石灰产业产生碳排放的 3 个部分的碳排放量占比基本保持不变,未来碳排放结构的变化主要与经济发展与产业结构调整有关。碳排放强度效应的碳排放量年平均贡献值为 -273.80 t,

对碳排放的影响主要呈抑制作用,与其他效应相比,贡献值偏低,也不是主要的影响因素。碳排放强度的降低主要取决于能源结构的低碳化转型与工业低碳技术的发展,石灰产业在降低能源强度方面具有较大的潜力,相信未来在“双碳”目标的支持下,石灰产业的碳排放强度会进一步下降,对碳排放量的抑制作用会更加明显。

技术发展效应、经济增长效应及人口规模效应对碳排放量的逐年贡献值如图 4 所示,此 3 个效应为影响石灰产业碳排放量的主要因素。技术发展效应对石灰产业碳排放量的年平均贡献值为-1 619.33 万 t,对碳排放量有显著的抑制作用。这主要取决于石灰使用量较大的工业部门的石灰使用效率的提高,以及采用先进的窑炉煅烧技术使石灰产品生产效率得到提高。未来随着技术的进一步发展,其对于碳排放量的抑制作用会更加显著。经济增长效应对石灰产业碳排放量的年平

均贡献值为 2 215.60 万 t,对碳排放量有显著的正向驱动作用。2001—2012 年,随着中国经济的高速发展,各行业均发展迅速,化工行业、有色行业对基础原料的需求不断增加。此外,在 2000 年以后,中国加速了城市化进程,房地产行业的繁荣发展刺激了对建筑材料的需求,从而使钢铁行业与建材行业的石灰需求量逐年增加。随着低碳发展的理念深入人心,各行业的经济发展将不断转变模式,立足于产业源头,不断提升发展质量,未来经济增长效应对碳排放的正向驱动作用有望下降。人口规模效应对于石灰产业碳排放因素的年平均贡献值为 91.95 万 t,对碳排放量具有较为显著的正向驱动作用。

将表 2 中的逐年贡献值进行加和,可以得到不同影响因素下的逐年累计贡献值。碳排放结构效应及碳排放强度效应对碳排放量的累计贡献值如图 5 所示。从图 5 可知,碳排放结构效应的累计贡

表 2 2001—2012 年石灰产业碳排放变化因素分解效应

年份	碳排放变化/万 t					碳排放增量 (ΔC)
	碳排放结构 效应(ΔC_s)	碳排放强度 效应(ΔC_I)	技术发展 效应(ΔC_E)	经济增长效应 (ΔC_G)	人口规模效应 (ΔC_R)	
2001—2002	-0.117 4	0.397 0	-1 000	1 113	83	196
2002—2003	0.221 8	-0.759 7	-1 222	1 508	79	364
2003—2004	-0.098 1	0.345 5	-1 491	2 148	80	738
2004—2005	-0.090 1	0.323 7	-1 048	2 038	86	1 077
2005—2006	-0.025 9	0.090 9	-1 638	2 367	82	811
2006—2007	0.158 9	-0.557 6	-2 554	3 300	84	830
2007—2008	0.026 7	-0.092 8	-2 167	2 764	87	684
2008—2009	-0.039 4	0.138 1	-695	1 477	87	869
2009—2010	-0.032 0	0.095 4	-4 581	2 837	83	-1 661
2010—2011	-0.079 5	0.318 8	380	2 976	112	3 468
2011—2012	0.178 7	-0.600 5	-1 796	1 842	150	195
2001—2012	0.103 7	-0.301 2	-17 813	24 372	1 011	7 571

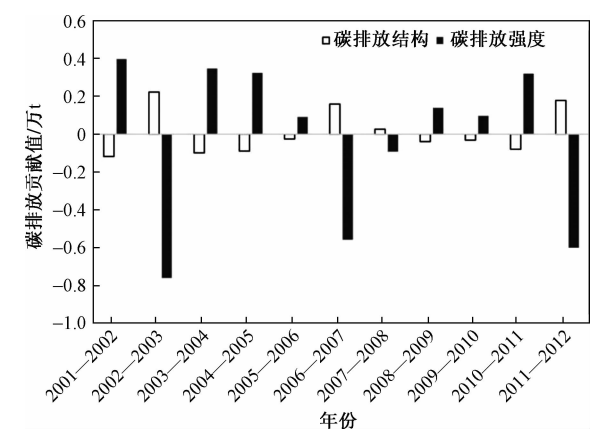


图 3 2001—2012 年碳排放结构效应及碳排放强度效应对碳排放量逐年贡献值

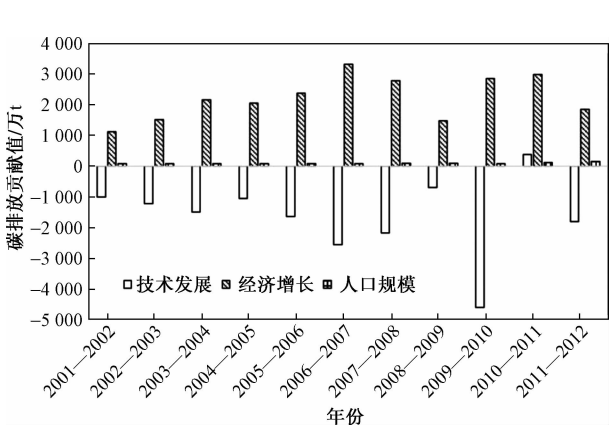


图 4 2001—2012 年技术发展效应、经济增长效应及人口规模效应对碳排放量的逐年贡献值

献值在零点附近波动,说明其对于碳排放量的影响不显著。2001—2012 年间计算的累计碳排放贡献值为 1 037.12 t,贡献率为 0.001 4%。碳排放强度效应的累计贡献值也在零点附近波动,说明其对于碳排放量的影响也不显著。2001—2012 年计算累计碳排放贡献值为 -3 011.82 t,贡献率为 -0.004 0%。图 6 为技术发展效应、经济增长效应及人口规模效应对碳排放量的累计贡献值。从图中可知,技术影响效应在 2001—2012 年计算累计碳排放贡献值为 -1.78 亿 t,贡献率为 -235.32%,对碳排放总量的抑制作用最为显著。经济增长效应计算碳排放量的累计贡献值为 2.44 亿 t,贡献率为 321.96%,对碳排放总量的正向驱动作用最为显著。人口规模效应计算碳排放的累计贡献值为 1 011.47 万 t,贡献率为 13.36%,对碳排放总量的正向驱动效应较为显著。

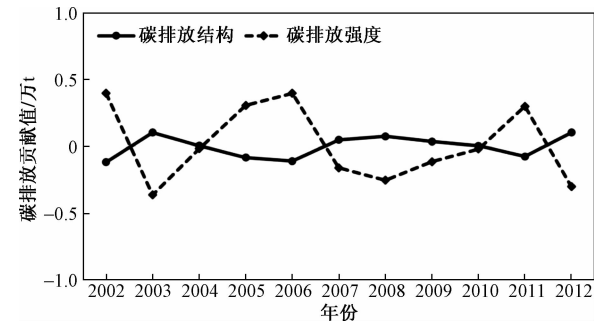


图 5 2002—2012 年碳排放结构效应及碳排放强度效应对碳排放量的累计贡献值

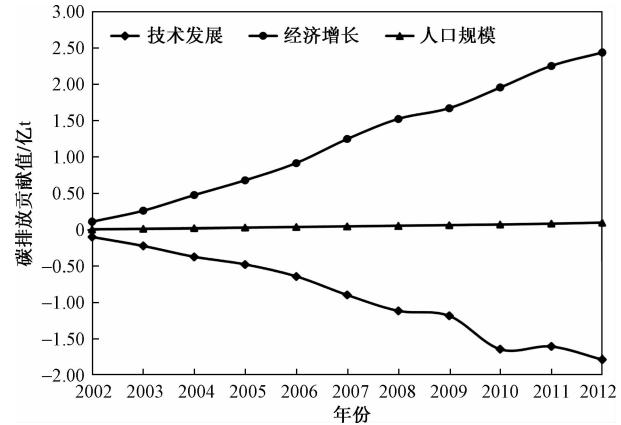


图 6 2002—2012 年技术发展效应、经济增长效应及人口规模效应对碳排放量的累计贡献值

3.3 GM(1,1)模型预测结果

基于 GM(1,1)模型及 2001—2012 年中国石灰产业的碳排放原始数据,运用 MATLAB 软件编程对模型参数进行拟合计算,得到表 3 所示的基于 GM(1,1)模型的碳排放预测方程,并利用该方程对未来中国石灰产业碳排放量进行预测。对模型预测结果进行检验,结果见表 4,建模所使用的 2001—2012 年历史数据与预测数据的相对误差均小于 0.2,大多数小于 0.1。预测数据的级比偏差值绝对值均小于 0.2,大多数小于 0.1,达到预测精度要求,预测有效。从文献[17]可知,2015 年中国石灰产业的实际碳排放量为 2.36 亿 t,2020 年中国石灰产业碳排放量约 3 亿 t。模型预测值分别为 2.31 亿 t、2.88 亿 t,相对误差均小于 5%,预测较为准确。

表 3 预测方程

GM(1,1)模型	预测方程	a	$\hat{b}$
$\hat{x}^{(1)}(k+1) = \left[x^{(0)}(1) - \frac{\hat{b}}{\hat{a}} \right] e^{-\hat{a}k} + \frac{\hat{b}}{\hat{a}}$	$\hat{x}^{(1)}(k+1) = 2\,889.668e^{0.044\,1k} - 2\,762.678$	-0.044 1	121.834 5

表 4 模型预测值检验结果

年份	原始值/万 t	预测值/万 t	相对误差	级比偏差
2001	12 699	12 699	0.000 0	—
2002	12 894	13 029	0.010 5	-0.029 3
2003	13 258	13 616	0.027 0	-0.016 4
2004	13 996	14 230	0.016 8	0.010 0
2005	15 073	14 872	0.013 3	0.029 6
2006	15 884	15 543	0.021 5	0.008 3
2007	16 713	16 244	0.028 1	0.006 7
2008	17 397	16 976	0.024 2	0.004 0
2009	18 266	17 742	0.028 7	0.004 6
2010	16 606	18 542	0.016 6	-0.014 96
2011	20 074	19 378	0.034 7	0.013 54
2012	20 269	20 252	0.000 8	-0.035 1

2001—2030 年中国石灰产业碳排放量的实际值和利用预测方程所得到的预测值拟合曲线如图 7 所示,2023—2030 年中国石灰产业预测碳排放量数值见表 5 从预测结果可知,2030 年中国石灰产业碳排放量将达到 4.48 亿 t。应理性认识中国石灰产业碳排放的压力,采取积极政策,解决石灰产业低碳发展中的障碍,实现减排目标。

4 结论与建议

以 2001—2012 年石灰产业相关数据为样本,采用 LMDI 模型对其碳排放影响因素进行分解分析,得到的结论如下:①2001—2012 年石灰产业碳排放总量呈逐年上升的趋势,其中各部分碳排放量占比

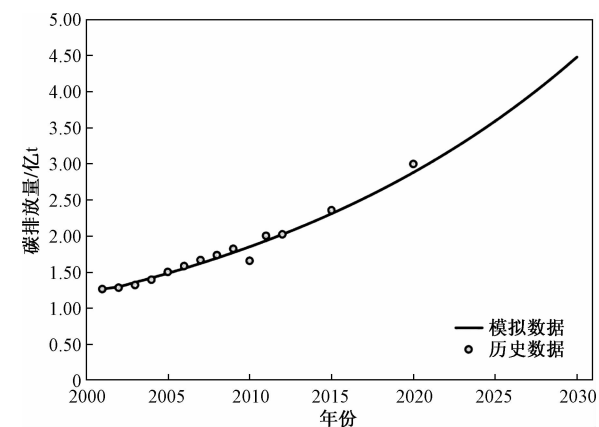


图 7 2001—2030 年碳排放量的实际值和预测值拟合曲线

表 5 2023—2030 年碳排放预测值

年份	预测排放量/亿 t
2023	3.29
2024	3.44
2025	3.59
2026	3.75
2027	3.92
2028	4.10
2029	4.28
2030	4.48

大小顺序为工业过程碳排放(70%)>煤炭燃烧碳排放(28%)>电力消耗碳排放(2%)。此外在样本年限内,上述占比基本保持不变;②技术发展效应、经济增长效应以及人口规模效应是石灰产业碳排放量变化的主要影响因素,其中技术发展效应对碳排放量的贡献值具有显著的抑制作用,而经济增长效应与人口规模效应具有显著的正向驱动效应;③碳排放结构效应以及碳排放强度效应分别对碳排放量的贡献值有正向驱动作用与抑制作用,但不是主要影响因素;④未来中国石灰产业碳排放依然会呈逐年上升的趋势,预计在 2030 年将达到 4.48 亿 t。

基于上述的结论,对中国的石灰产业碳减排的主要建议如下:①淘汰落后产能,加强技术创新。逐步淘汰技术落后能耗较高的生产线并开发新型先进石灰生产工艺,降低单位产品能耗,减少总体能源消耗。②推广新型石灰窑技术。通过改造石灰窑的窑型以及烧成技术,提高石灰产品的品质,提高单位质量石灰内的有效成分,从而降低在钢铁、化工、有色等行业的石灰用量,降低 CO₂ 排放量。③加强石灰产业碳达峰、碳中和相关政策的制定。在国家碳达峰碳中和“1+N”政策体系

的指导下,加快制定石灰行业碳达峰、碳中和实施方案,明确实施路径与手段,确定减排目标与时间计划,推进低碳技术的发展。严格实施石灰生产技术、能耗等相关行业准入标准,加快产业结构调整。

参考文献

[1] LIN B Q, TENG Y Q. Structural path and decomposition analysis of sectoral carbon emission changes in China[J]. Energy, 2022, 261: 125331.

[2] 黄东亮. 石灰行业能源消耗管控探析[J]. 广西节能, 2020 (2): 16-17.

[3] SHAN Y L, LIU Z, GUAN D B. CO₂ emissions from China's lime industry[J]. Applied Energy, 2016, 166: 245-252.

[4] 李修东. 基于 LMDI 的内蒙古碳排放影响因素研究[J]. 煤炭经济研究, 2019, 39(4): 55-59.

[5] LIU L C, FAN Y, WU G, et al. Using LMDI method to analyze the change of China's industrial CO₂ emissions from final fuel use: an empirical analysis[J]. Energy Policy, 2007, 35(11): 5892-5900.

[6] 齐豫, 徐超毅. 基于 LMDI 河南省物流业碳排放影响因素研究[J]. 洛阳理工学院学报(社会科学版), 2022, 37(1): 47-53.

[7] 刘小丽, 王永利. 基于 LMDI 分解的中国制造业碳排放驱动因素分析[J]. 统计与决策, 2022, 38(12): 60-63.

[8] 刘芳, 江海涛. 基于 LMDI 模型的长三角城市能源消费碳排放影响因素分解研究[J]. 商展经济, 2022(7): 130-132.

[9] 陈锋, 张晶, 任娇, 等. 基于 LMDI 模型的黄河流域碳排放时空差异及影响因素研究[J]. 地球环境学报, 2022, 13(4): 418-427.

[10] 时小翠, 王钰萱, 王琨, 等. 基于 LMDI 模型的黑龙江省碳排放影响因素研究[J]. 哈尔滨师范大学自然科学学报, 2019, 35(2): 87-92.

[11] 董莹, 许宝荣, 华中, 等. 基于 LMDI 的甘肃省碳排放影响因素分解研究[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 2020, 56(5): 606-614.

[12] 杨克磊, 张振宇. 天津市碳排放预测及低碳经济发展对策分析基于改进 GM(1,1)模型[J]. 重庆理工大学学报(自然科学), 2014, 28(2): 111-114.

[13] 佟昕, 陈凯, 李刚. 中国碳排放影响因素分析和趋势预测基于 STIRPAT 和 GM(1,1)模型的实证研究[J]. 东北大学学报(自然科学版), 2015, 36(2): 297-300.

[14] 梁一鸣, 雷社平. 中部六省碳排放因素分析和趋势预测-基于 STIRPAT 和灰色 GM(1,1)模型的实证研究[J]. 价值工程, 2019, 38(21): 11-14.

[15] ANG B W, ZHANG F Q, CHOI K H. Factorizing changes in energy and environmental indicators through decomposition[J]. Energy, 1998, 23(6): 489-495.

[16] 中国碳核算数据库. 中国石灰产业碳排放[EB/OL]. <https://www.ceads.net/user/index.php?id=925&lang=cn>.

[17] 王莹莹, 钟小剑. 中国 2004-2015 年间石灰工业的 CO₂ 排放[J]. 亚热带资源与环境学报, 2018, 13(2): 7-12.

Analysis of Influencing Factors and Trend Prediction of Carbon
Emission in China’s Lime Industry

WANG Fajun, YAO Yanxia

(Longyuan(Beijing)Carbon Asset Management Co. ,Ltd. ,Beijing 100037,China)

Abstract: Based on the LMDI model, China’s economic population development and the carbon emission data of lime industry from 2001 to 2012 taken as samples, and the influencing factors of carbon emission of lime industry re decomposed and studied from five aspects. The results show that the technological development effect, economic growth effect and population size effect are the main factors affec the carbon emission of lime industry, and the influencing trends are different. Based on GM(1,1) model, the future carbon emissions of China’s lime industry are predicted, and the emissions are predicted to reach 448 million tons in 2030. Based on the analysis of influencing factors and the prediction of carbon emission trend, some suggestions are put forward for the low-carbon development of China’s lime industry from the aspects of technolo-
gy innovation and policy making.

Keywords: LMDI model;GM(1,1) model;lime industry;carbon emission;trend prediction