

城市产业部门 CO₂ 排放三层次核算研究

鞠丽萍 陈 彬 杨 谨

(北京师范大学环境学院/环境模拟与污染控制国家重点实验室, 北京 100875)

摘要 城市是人类生产和生活的中心, 超过 75% 的温室气体从城市产生, 其中又以城市产业部门能源消费和工业过程非能源产生的 CO₂ 为主。本文基于投入产出模型, 评价城市产业部门 3 个不同层次的 CO₂ 排放。以重庆为案例, 核算其 2002–2008 年产业部门三个层次的 CO₂ 排放, 包括能源消费直接排放、购买电力间接排放和全生命周期排放, 并进行多层次对比。结果显示传统能源消耗和购买电力为对象的核算方法低估了产业部门 CO₂ 排放水平。2002–2008 年, 重庆各产业部门排放量逐年增加, 碳排放强度整体呈现下降趋势。煤炭开采和洗选业、非金属矿采选业、非金属矿物制品业、电力、热力的生产和供应业、化学工业、金属冶炼及压延加工业、交通运输、仓储及邮电通讯业部门共 7 大行业是重庆碳排放的重点行业。部门交通设备制造业是重庆的优势产业, 排放总量大, 但是排放强度却相对较小, 因此应大力发展该产业以促进重庆市低碳经济的发展。

关键词 投入产出模型; CO₂ 排放核算; 重庆市

中图分类号 X24 文献标识码 A 文章编号 1002-2104(2012)01-0028-07 doi:10.3969/j.issn.1002-2104.2012.01.006

全球气候变化问题已成为当前影响世界经济秩序、政治格局和国际关系的一个重要因素。而城市是人类生产和生活的中心, 超过 75% 的温室气体从城市产生, 其中城市温室气体排放又以产业部门能源消费和工业过程非能源消费产生的 CO₂ 为主^[1]。在已有的碳排放核算的研究中, Wiedmann 和 Minx^[2] 指出温室气体的核算因计算气体的种类、分析系统的边界不同而有多种含义。城市产业部门 CO₂ 排放的核算范围可以分为三个层次^[3]: 第一层次, 指城市各产业部门的直接碳排放, 包括天然气、石油等燃烧的直接排放; 第二层次, 指购买的电、水暖等能源的间接碳排放; 第三层次, 指城市产业部门整个生命周期的所有碳排放。各国发布的温室气体核算标准的核算范围也各不相同, 如世界资源研究所和世界可持续发展工商理事会发布的《温室气体议定书企业核算与报告原则》, 重点针对直接温室气体排放和购买电的间接排放, 很少注意企业供应链上下游的排放^[4]。Matthews^[5] 也强调碳足迹核算边界划定的重要性, 认为传统的直接排放的核算大约只占到了全生命周期核算的 14%, 并把碳足迹核算的边界划分为三大层次, 以美国出版部门和发电部门为例进行分层次的温室气体核算和比较。

Huang 等人^[4] 使用 IO-LCA (Input-Output-Life Cycle Analysis) 经济模型对美国经济部门三个层次的温室气体排放进行研究, 以确定部门上游排放源对该行业的碳足迹的影响, 并建议各温室气体排放清单编制和标准制定组织应进一步细化目前已有的核算框架, 提供行业三层次核算模型和方法, 创造更广泛的行业温室气体核算标准和协议。陈红敏^[6-7] 基于产业部门 2002 年消费数据, 利用投入产出法, 计算中国产业部门的隐含碳排放, 主要计算包括能源消费导致的 CO₂ 排放以及工业生产过程的 CO₂ 排放。陈国谦等人^[8] 开发了建筑行业碳排放系统计量方法, 建立了体现温室气体排放数据库, 评价了建筑全生命周期温室气体排放过程。对于全生命周期碳足迹的评价方法应用最多的就是投入产出模型^[4-6]。Leontief 于 20 世纪 30 年代提出了投入产出模型, 并发表了《美国经济体系中的投入产出的数量关系》, 出版了著作《美国经济结构 1919–1929》和《美国经济结构研究》。通过这些论著, Leontief 系统的提出了投入产出方法体系。依据投入产出关系建立的数学模型, 常常被用来分析和预测国民经济各部门之间、部门内部或企业内部之间的生产和消费相互依存关系, 测各部门的投入量和产出量, 并根

收稿日期: 2011-06-12

作者简介: 鞠丽萍, 硕士, 主要研究方向为城市规划。

通讯作者: 陈彬, 教授, 博导, 主要研究方向为能源经济、生态核算与管理。

基金项目: 教育部新世纪优秀人才(编号: NCET-09-0226); 国家高技术研究发展计划(863 计划) 重点项目(编号: 2009AA06A419)。

据投入产出综合平衡关系来推测预测目标的变动方向和程度^[9]。

本文基于全生命周期思想,借助投入产出模型,核算城市产业部门三个层次的 CO₂ 排放,并以重庆为案例,核算其 2002 - 2008 年各产业部门能源消费直接 CO₂ 排放、购买电力间接 CO₂ 排放以及全生命周期 CO₂ 排放,并进行多层次核算结果的对比,对碳排放的重点行业进行剖析,针对性地提出各行业的碳减排措施。

1 原理和方法

投入产出法作为一种多部门模型,是通过一个线性数学方程,把一系列内部部门在一定时期内投入(购买)来源与产出(销售)去向排成一张纵横交叉的投入产出表格,根据此表建立数学模型,计算消耗系数,并据以进行经济分析和预测的方法。其基本内容包括编制投入产出表、建立投入产出模型和进行经济分析与预测^[10]。

本文城市产业部门的碳足迹核算分为三个层次^[5]:第一层次,指研究对象的能源消费的直接碳排放,包括煤炭、天然气、石油一次能源燃烧的直接排放,也包括了从工业生产过程的 CO₂ 排放量;第二层次,基于第一层次,加上购买的电、水暖等能源的间接碳排放;第三层次,分析了一次能源消费基础上产生的全生命周期的体现 CO₂ 排放,也包括了从工业生产过程的 CO₂ 排放量。

1.1 第一层次核算模型

第一层次排放核算模型为:

$$E_1 = F \cdot E^d + E^i (I - A)^{-1} Y \quad (1)$$

其中 E_1 : $1 \times n$ 矩阵,表示 n 个产业部门第一层次 CO₂ 排放量;

E^d : $3 \times n$ 矩阵,是 n 个部门的 3 种化石能源品种,煤炭、油料、天然气等;

F : 1×3 矩阵,是 3 种能源品种的 CO₂ 排放系数;

E^i : $1 \times n$ 矩阵,是 n 个产业部门单位 GDP 的工业过程非能源消耗的 CO₂ 排放量;

$(I - A)^{-1}$: $n \times n$ 矩阵,为 Leontief 逆系数矩阵;

Y : $n \times 1$ 矩阵,表示 n 个部门的 GDP。

1.2 第二层次核算模型

第二层次排放核算模型为:

$$E_2 = F' \cdot E^f + E^i (I - A)^{-1} Y \quad (2)$$

其中 E_2 : $1 \times n$ 矩阵,表示 n 个产业部门第二层次 CO₂ 排放量;

E^f : $4 \times n$ 矩阵,是 n 个部门的 4 种能源品种,煤炭、油料、天然气、电力和热力;

F' : 1×4 矩阵,是 4 种能源品种的 CO₂ 排放系数。

1.3 第三层次核算模型

第三层次排放核算模型为:

$$E_3 = F \cdot E^{d'} (I - A)^{-1} + E^i (I - A)^{-1} Y \quad (3)$$

E_3 表示 n 个产业部门第三层次 CO₂ 排放量;

$E^{d'}$: $3 \times n$ 矩阵,是 n 个产业部门单位产值的 3 种石能源消耗量,包括煤炭、油料和天然气。

2 案例研究

2.1 重庆简介

重庆市,中国四大直辖市之一,位于中国资源丰富的西南地区,地跨东 105°11' - 110°11'、北纬 28°10' - 2°13' 之间的青藏高原与长江中下游平原的过渡地带。辖区东西长 470 km,南北宽 450 km,总面积 8.24 万 km²,为北京、天津、上海三市总面积的 2.39 倍,是我国面积最大的城市之一。全市共辖 19 个区,21 个县,是长江上游最大的经济中心和水陆交通枢纽^[11]。

重庆市的终端能源消费主要是生产消费和生活消费,其中又以生产消费为主;在生产消费结构内部,以第二产业消费为主。1997 年第二产业能源消费占消费总量的比重达到 86.0%,逐年缓慢下降到 2008 年的 62.34%。第三产业能源消费占生产用能比重不断提高,从 1997 年的 5.8% 上升至 2008 年的 16.9%,年均提高 1 个百分点。在工业部门中,随着产业结构的逐渐升级,工业在 GDP 中的比重维持在 30% 以上,能源消费主要向高耗能行业集中。2008 年电力热力的生产和供应业、化学原料及化学制品制造业、非金属矿物制品业、黑色金属冶炼及压延加工业、煤炭开采和洗选等高耗能行业的能源消费占全部工业能源消费的 82.7%,占全部能源消费的 38.7%^[12]。在这些高耗能行业中,又主要集中于几个大型耗能企业,例如 2007 年重庆工业企业十大耗能大户消耗全市工业能源约 40%^[13]。

2.2 案例数据来源

本研究考虑重庆 28 个产业部门的煤、石油、天然气和电力 4 种能源和工业生产水泥过程非能源消费的 CO₂ 排放量(见表 1)。在 IO-LCA 方法中,以重庆 2002 年投入产出表年为基础^[14],依据部门分类标准,重新计算完全消耗系数。由于缺乏 2003 - 2007 年投入产出表来评估行业的环境影响,假设 2003 年到 2008 年的 Leontief 逆系数,即 $(I - A)^{-1}$ 与 2002 年相同,投入产出表的部门分类如表 1 所示。2002 - 2008 年能源流矩阵 4 种最终消费能源的数据和 GDP(1997 年不变价)数据来自于《重庆统计年鉴 1998 - 2009》^[12]。

IPCC 应《联合国气候变化框架公约》(UNFCCC)的邀请编制的《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》^[15],简

表 1 部门分类
Tab. 1 Sectors classification

序号 NO.	部门 Sectors	序号 No.	部门 Sectors
1	农林牧渔业	15	金属制品业
2	煤炭开采和洗选业	16	通用、专用设备制造业
3	石油和天然气开采业	17	交通运输设备制造业
4	金属矿采选业	18	电气、机械及器材制造业
5	非金属矿采选业	19	通信设备、计算机及其他电子设备制造业
6	食品制造及烟草加工业	20	仪器仪表及文化办公用机械制造业
7	纺织业	21	其他制造业
8	服装皮革羽绒及其制品业	22	电力、热力的生产和供应业
9	木材加工及家具制造业	23	燃气生产和供应业
10	造纸印刷及文教用品制造业	24	水的生产和供应业
11	石油加工、炼焦及核燃料加工业	25	建筑业
12	化学工业	26	交通运输、仓储及邮电通讯业
13	非金属矿物制品业	27	批发、零售贸易餐饮业
14	金属冶炼及压延加工业	28	其他

称 IPCC《06 指南》,包含了基于碳含量的燃料和能源类型的一次能源的 CO₂ 排放缺省因子。在本研究中,考虑到从电力和供暖最终消费时没有产生 CO₂,对电力估计采用实际能源消耗原则^[16];该原则考虑能源的实际使用,也就是说,电力和热力能源最终消费是基于生产地区的能源投入来估计的。因此,假设重庆火电的一次能源消耗全是煤炭,基于供电标准煤耗校正因素(366 g 标准煤/kw·h,为中国平均值^[17])和火电效率(71.5%,重庆 1997-2008 年平均值)计算其排放因子。另外,水泥生产过程 CO₂ 排放因子采用中国平均水平 0.38 t CO₂/t 水泥^[17]。

3 结果与讨论

3.1 能源消耗和非能源消耗 CO₂ 排放比较

CO₂ 的排放量不仅来自于能源消耗,而且还来自于工业生产过程排放的 CO₂,如水泥、钢材、石灰等生产过程因为化学反应产生的间接排放。由于缺乏数据,本研究仅计算水泥生产过程中的 CO₂ 排放。经计算得,工业过程间接碳排放量占总排放量的相当大一部分,如图 1 所示,非金属矿采选业(部门 5)工业生产过程的 CO₂ 排放量占据该部门总排放量的 38.93%,因此工业过程非能源消费产生的温室气体是不能忽视的;此外,工业生产过程排放比例较大的部门还包括非金属矿物制品业(部门 13)、建筑业

(部门 25)、化学工业(部门 12),分别占到 6.11%、5.99%、4.52%。

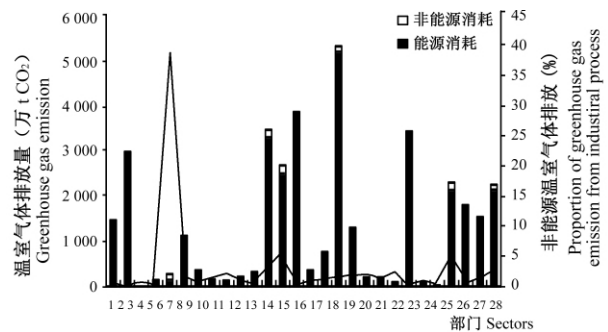


图 1 重庆第三层次非能源消耗和能源消耗 CO₂ 排放情况(2008)

Fig. 1 CO₂ emissions from industrial process and energy consumption in Tier 3 in 2008

3.2 三层次碳排放量和碳排放强度比较

从图 2 和 3 可以发现,前两层次的 CO₂ 排放,也就是能源消耗导致的直接和间接碳排放,只占据大多数产业总供应链的一小部分;第一层次和第二层次的 CO₂ 排放量平均占第三层次的 27.8%。2008 年,第一层次 CO₂ 排放占第三层次总排放量百分比最高的三个产业部门中,煤炭开采和洗选业(部门 2)的百分比分别达到了 83.57%、电力、热力的生产和供应业(部门 22)为 71.74%、非金属矿采选业(部门 5)达到 71.07%;排放量百分比最低的几个部门中,通信设备、计算机及其他电子设备制造业(部门 19)只占 2.89%、燃气生产和供应业(部门 23)占 1.65%、水的生产和供应业(部门 24)占 1.5%。对于第二层次,CO₂ 排放量百分比的前三产业部门,分别为各自第三层次的

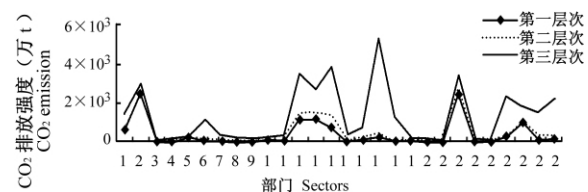


图 2 重庆各部门一、二、三层次 CO₂ 排放情况(2008)

Fig. 2 CO₂ emissions in Tier 1, Tier 2 and Tier 3 in 2008

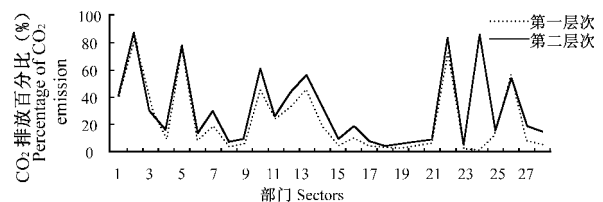


图 3 重庆各部门一、二层次 CO₂ 排放情况(2008)

Fig. 3 CO₂ emissions in Tier 1 and Tier 2 in 2008



87.07% (部门 2 煤炭开采和洗选业)、85.05% (部门 24, 水的生产和供应业) 和 83.06% (部门 22, 电力、热力的生产和供应业); 排放量百分比最低的三个部门, 百分比分别为 4.26% (部门 18 电气、机械及器材制造业)、6.74% (部门 8 服装皮革羽绒及其制品业) 和 4.39% (部门 23 燃气生产和供应业)。

重庆 28 个产业部门中, 大约有 70% 的行业的第一个层次和第二个层次占总 CO₂ 排放量的百分比低于 40%。因此, 如果按照狭义的核算标准(第一层次, 第二层次), 将会有一大部分 CO₂ 排放量可能被低估。煤炭采选业、非金属矿采选业、电力和蒸汽生产和供应部门(部门 2, 5, 22) 的第一个层次和第二个层次的排放量占了总排放量的较大部分(大于 60%)。这 3 个部门化石燃料直接燃烧排放构成了碳足迹的大部分。这类部门的第一层次的排放量可以较准确的反映第三层次的排放水平。对于水资源生产和供应行业(部门 24), 第一层次占 CO₂ 总排放量的 1.55%, 而第二层次占 80.05%, 代表主要依靠购买电力作为能源的行业部门, 其 CO₂ 主要是由购买的电力排放构成。

根据所述原理和方法, 计算得到重庆市 2008 年各部门各层次 CO₂ 排放强度, 如图 4 所示。可以看出 2008 第一层次碳排放强度前六的六个部门依次是部门 2(14.523 t/万元)、5(9.052 3 t/万元)、22(7.462 0 t/万元)、13(4.546 6 t/万元)、26(3.268 4 t/万元)、11(2.771 4 t/万元)。第二层次碳排放强度前六的六个部门依次是部门 2(15.32 t/万元)、5(9.869 5 t/万元)、22(8.638 6 t/万元)、13(5.708 4 t/万元)、26(3.109 2 t/万元)、11(2.962 5 t/万元)。第三层次碳排放强度前六的六个部门依次是部门 2(17.79 t/万元)、5(12.6 t/万元)、11(11.36 t/万元)、13(10.83 t/万元)、22(10.401 t/万元)、12(6.059 5 t/万元)、14(5.941 2 t/万元)。因此, 按照第一二层次核算结果, 部门 2(煤炭开采和洗选业)、5(非金属矿采选业)、11(石油加工、炼焦及核燃料加工业)、13(非金属矿物制品业)、22(电力、热力的生产和供应业)、26(交通运输、仓储及邮电通讯业) 部门是重庆 CO₂ 排放的重点行业。同时, 按照全生命周期核算结果, 12(化学工业) 和 14(金属冶炼及压延加工业) 也是重庆 CO₂ 排放的重点行业, 都应该重点关注。

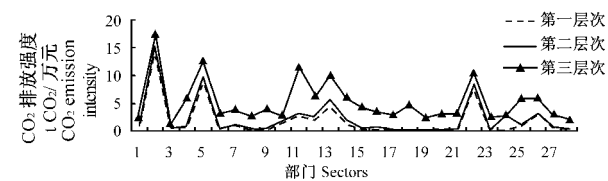


图 4 重庆第一、二、三层次 CO₂ 排放强度(2008)

Fig. 4 CO₂ emissions intensities in Tier 1, Tier 2 and Tier 3 in 2008

3.3 各部门历年碳排放水平

根据所述方法, 计算得到重庆市 2002 - 2008 年各产业部门第三层次即全生命周期的 CO₂ 排放量和排放强度, 如表 2、3 所示。可以看出 2002 年 - 2008 年重庆市各部门的 CO₂ 排放量呈现出上升趋势。除少数部门如 2、3 和 4 等在个别年份出现反弹外, 各部门碳排放强度整体呈现下降趋势。近年, 部门 17(交通设备制造业) 全生命周期排放量位居首位, 但交通设备制造业是重庆的优势产业,

表 2 重庆历年第三层次 CO₂ 排放量(2002 - 2008)

Tab. 2 CO₂ emission of economic sectors in Tier 3

部门 Sectors	(2002 - 2008)						万吨 CO ₂
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	
1	1 260.1	1 471.1	1 321.7	1 495.6	1 285.2	1 441.8	1 464.2
2	532.4	974.5	1 299.5	1 368.9	1 868.3	2 218.3	3 007.8
3	9.4	96.0	9.1	105.6	11.8	14.4	37.0
4	74.9	102.6	131.5	77.7	74.2	108.1	144.3
5	122.2	132.8	154.7	137.6	158.5	181.9	294.8
6	495.9	640.8	604.8	730.1	774.8	991.1	1 142.9
7	194.4	263.5	233.5	261.6	313.0	367.6	370.0
8	46.2	54.9	83.0	85.3	96.7	134.5	172.0
9	42.3	38.5	81.3	62.4	105.6	125.7	126.4
10	80.8	94.0	98.6	95.6	108.2	142.7	223.3
11	26.0	45.7	71.6	160.0	177.0	320.0	343.2
12	1 876.5	2 491.5	1 979.5	2 637.4	2 437.8	2 963.4	3 486.2
13	1 408.1	1 843.6	1 638.4	1 883.8	1 926.4	2 400.6	2 686.2
14	1 643.4	2 274.9	2 475.9	2 669.0	3 375.3	4 142.6	3 857.9
15	223.6	215.9	186.6	220.1	258.8	331.8	363.4
16	56.1	836.3	721.1	819.1	828.5	1 024.1	775.1
17	2 729.3	3 981.0	3 482.3	3 586.6	4 027.9	5 482.2	5 300.2
18	944.1	563.3	597.9	846.8	985.1	1 249.9	1 303.0
19	58.0	95.5	127.8	93.9	102.5	150.6	172.3
20	158.4	225.9	193.4	205.6	216.0	243.4	199.1
21	310.5	24.7	27.1	40.2	40.5	56.7	75.0
22	1 545.5	1 751.1	2 226.1	2 403.6	2 966.2	3 686.8	3 407.8
23	16.8	21.4	50.7	53.3	70.7	117.8	134.9
24	44.1	49.1	32.9	32.2	35.3	37.5	33.0
25	2 166.2	2 144.6	1 917.3	1 983.1	2 046.2	2 271.8	2 292.2
26	669.2	985.4	1 178.7	1 438.6	921.3	1 735.1	1 811.8
27	890.7	1 340.5	1 087.6	1 221.2	1 184.6	1 490.1	1 528.2
28	1 862.6	1 263.0	1 056.4	1 150.8	1 144.5	1 285.5	2 230.5

表3 重庆历年第三层次 CO₂ 排放强度(2002-2008)
Tab.3 CO₂ emission intensity in Tier 3 (2002-2008)

部门 Sectors	万 t CO ₂ /亿元						
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1	4.0	4.3	3.1	3.2	3.3	3.0	2.5
2	27.2	38.2	29.8	22.9	23.7	21.0	17.4
3	3.2	32.6	3.0	21.4	3.2	2.5	1.5
4	13.2	20.1	15.7	12.8	10.9	9.3	5.8
5	26.0	23.9	18.1	17.4	17.6	15.7	12.7
6	5.2	5.6	4.1	4.0	3.6	3.4	2.9
7	7.9	8.2	6.0	5.6	5.1	4.7	3.9
8	5.6	5.9	4.2	4.0	3.4	3.4	2.9
9	10.3	9.4	6.6	6.4	5.3	5.0	4.0
10	4.4	4.4	3.4	2.9	2.7	2.4	2.6
11	9.6	16.1	9.8	15.0	11.3	14.4	11.6
12	12.1	14.1	9.2	9.6	7.9	7.3	6.1
13	22.4	21.5	16.9	15.0	14.5	12.7	10.1
14	15.8	15.4	10.9	9.6	8.5	7.7	5.9
15	10.5	10.4	7.2	6.5	5.7	5.4	4.3
16	9.2	7.3	5.0	4.7	4.1	3.9	3.3
17	6.0	6.3	4.4	4.2	3.5	3.5	2.8
18	11.6	11.2	7.9	7.2	6.3	5.9	4.6
19	4.6	4.8	3.4	3.3	2.8	2.8	2.3
20	6.8	7.2	5.2	4.9	4.2	4.0	3.1
21	6.2	6.6	5.3	4.5	3.7	3.7	3.1
22	26.4	26.3	15.0	13.7	13.6	13.2	10.4
23	5.6	5.0	3.4	3.1	2.8	2.7	2.2
24	6.4	6.4	3.8	3.6	3.4	3.3	2.7
25	12.3	12.2	9.0	8.4	7.7	7.1	5.8
26	5.4	5.9	6.2	6.6	3.5	6.5	5.9
27	4.9	5.1	3.6	3.5	3.0	3.3	2.7
28	3.6	3.7	2.6	2.5	2.2	2.2	1.8

2008年GDP占工业GDP的22.12%,因此其排放强度却相对较小。重庆应大力发展交通设备制造业这一优势产业,优化产业结构,减少重庆CO₂排放强度。

4 结论及建议

利用投入产出模型核算产业部门全生命周期排放现状,发现传统一、二层次核算方法(即温室气体能源消耗和购买电力的核算方法)明显低估了部门CO₂排放水平。2002-2008年,重庆各部门排放量逐年增加,碳排放强度整体呈现下降趋势。同时,根据第三层次核算结果得出煤炭开采和洗选业、非金属矿采选业、非金属矿物制品业、电力、热力的生产和供应业、化学工业、金属冶炼及压延加工

业、交通运输、仓储及邮电通讯业部门7大行业是重庆温室气体排放的重点行业,应该重点关注。另外,虽然交通设备制造业部门CO₂排放量较大,但是交通设备制造业是重庆的优势产业,创造较高的GDP,因此其排放强度却相对较小。所以,重庆应大力发展交通设备制造业这一优势产业,优化产业结构,减少CO₂排放强度。

5 减排对策和建议

由以上计算结果可知,电力行业、钢铁行业、有色金属行业、建材行业、化工行业、煤炭洗选和开采行业、交通运输共7大行业为重庆CO₂排放重点行业。因此,节能工作应从这些重点行业、重点企业优先推行节能政策,提高能源有效利用率。

(1) 电力行业。协调重庆区域内小火电机组关停工作,以大代小、上大压小,提高单机容量,严格执行国家不准新建30万千瓦以下火电机组的政策。

优化用能结构,推进燃煤锅炉向燃气锅炉改造,加大燃气锅炉的比例。发展热电联产发电技术。鼓励发展大容量、高效率的热电联产机组,加大热电联产替代分散小锅炉推进力度;加大供热区域范围内的电源、热源的整合力度,实现热电的高效利用。在长寿、涪陵、万州化工园区等大型工业园区和工业企业集中地区,发展以高压供热机组为主的热电联产,大力改造中低压凝气机组。在输配电网节能方面,主要通过更换高耗能变压器、安装无功补偿设备等举措降低输配电损耗率和电网综合线损。

(2) 钢铁行业。加快淘汰落后产能。充分利用重庆钢铁集团改建这一契机,与优势钢铁企业整合,淘汰落后水平工艺装备,关、并小产值钢铁企业,以实现技术装备大型化,生产流程连续化、紧凑化、高效化,最大限度的综合利用各种能源和资源。

加快技术节能,推进结构节能。强化锅炉改造工程,进一步提高高炉煤气、转炉煤气的回收利用,同时增加燃气锅炉和新能源锅炉使用比例;以降低资源消耗、提高能源使用效率、强化清洁生产机制为方向展开技术节能,开展形式多样的工艺技术攻关活动。

(3) 有色金属行业。严把企业准入关,以西彭铝产业园区、西铝“1+4”、南川中铝氧化铝二期等园区为依托,淘汰高碳排企业,引进低碳排的先进生产能力。淘汰落后自焙电解槽工艺,建设300-350kA预焙电解槽,对现有170-200预焙电解槽进行节能改造,降低单位产品能耗。

(4) 建材行业。淘汰小水泥企业,加快水泥企业组织结构调整,通过兼并重组、产业整合,提高综合竞争力。鼓励主动淘汰落后产能,着力培育万州科华水泥、拉法基等



重庆水泥龙头企业。加快新型干法工艺替代落后工艺。鼓励发展散装水泥 加快水泥工业循环机制的建立;研究、制定鼓励水泥工业资源综合利用的配套政策;充分发挥市场机制的作用,引导企业调整产品结构。

(5) 化工行业。促进大型合成氨装置采用先进节能工艺、新型催化剂和高效节能设备 提高转化效率,加强余热回收利用,如低热耗的脱碳与变换、深冷净化、效率更高的合成回路和低压合成技术;中小型合成氨采用节能设备和变压吸附回收技术,降低能源消耗。

烧碱生产 逐步淘汰石墨阳极隔膜法烧碱,发展大型离子膜工艺为主的烧碱、纯碱生产工艺 加快大型自然循环高电流密度电解槽、开发离子膜氧阴极电解技术的应用。

(6) 煤炭洗选和开采行业。加快关闭小型煤矿,淘汰落后煤炭产能,形成“一大多强”的煤炭企业格局,即以年生产规模达到 2 000 万 t 重庆煤炭集团公司为首,形成多个年生产规模 100 万 t 的中型煤炭企业集团,实现煤炭生产跨省(市)发展格局。

更新改造现有生产环节和装备,冶炼富余煤气调控装置。定期测试提升、运输、压风和排水系统能耗,限期对包括矿井电压等级、调速调压系统等进行改造或更新。大力发展煤层气产业,延长产业链;将煤层气勘探、开发和矿井瓦斯综合利用作为加快重庆市煤炭工业调整结构、提高能源利用率的重要手段,最大限度地减少煤炭生产过程中的能源浪费,重点发展高铝瓦斯发电、低炉瓦斯发电、瓦斯液化技术。制定瓦斯发电有偿加入重庆国家电网的政策,进一步激励瓦斯发电产业。

(7) 交通运输。全过程控制交通部门的能源利用。源头控制高耗油、高污染机动车发展,淘汰高耗能的老旧汽车,研发新能源汽车;鼓励重庆长安、庆铃等领头汽车企业研发和推广高效节油汽油机和柴油机技术、整车轻量化技术、载重大功率节能柴油机等节油技术。铁路运输方面,加快铁路电气化改造;引进、开发、推广高效交直电力机车,实施内燃机车节油工程,提高内燃机车运行效率;水路运输方面,改善航道条件,推广使用标准化船型,进一步减小船舶阻力,提高推进效率;中间过程要优先发展城市公共交通系统,鼓励新能源汽车的使用;进一步规划重庆城市公共交通系统,轨道交通系统,在方便居民公交出行的基础上,大力发展直线电机轨道和大运量快速公共汽车系统,采取有效措施推动智能交通系统的发展。末端严格实施高标准的机动车尾气排放标准,争取 2012 年达到国 IV 尾气排放标准。

(编辑:王爱萍)

参考文献(References)

[1]戴亦欣. 中国低碳城市发展的必要性和治理模式研究[J]. 中国

- 人口·资源与环境, 2009, 19(3): 12-17. [Dai Yixin. The Necessity and Governance Model of Developing Low Carbon City in China[J]. China Population, Resources and Environment, 2009, 19(3): 12-17.]
- [2]Wiedmann T, Minx J. Integrated Sustainability Analysis [M]. UK: Durham, 2007.
- [3]ICLEI. International Local Government GHG Emissions Analysis Protocol Draft Release Version 1.0 [EB/OL]. 2008. http://www.Iclei.org/fileadmin/user_upload/documents/Global/Programs/GHG/LGGHEmissionsProtocol.pdf
- [4]Huang Y A, Weber C L, Matthews H S. Categorization of Scope 3 Emissions for Streamlined Enterprise Carbon Footprinting [J]. Environmental Science & Technology, 2009, 43(22): 8509-8515.
- [5]Matthews H S, Hendrickson C T, Weber C L. The Importance of Carbon Footprint Estimation Boundaries [J]. Environmental Science & Technology, 2008, 42(16): 5839-5842.
- [6]陈红敏. 包含工业生产过程碳排放的产业部门隐含碳研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2009, 19(3): 25-30. [Chen Hongmin. Analysis on Embodied CO₂ Emissions including Industrial Process Emissions. China Population, Resources and Environment, 2009, 19(3): 25-30.]
- [7]Larsen H N, Hertwich E G. The Case for Consumption-based Accounting of Greenhouse Gas [J]. Environmental Science & Policy, 2009, 12(7): 791-798.
- [8]陈国谦. 建筑碳排放系统计量方法[M]. 北京: 新华出版社, 2010. [Chen Guoqian. System Carbon Metrics for Building [M]. Beijing: Xinhua Press, 2010.]
- [9]刘起运, 陈璋, 苏汝劫. 投入产出分析[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2006. [Liu Qiyun, Chen Zhang, Su Rujie. Input-Output Analysis [M]. Beijing: China Renmin University Press, 2006.]
- [10]孟彦菊. 投入产出模型扩展研究[D]. 成都: 西南财经大学, 2009. [Meng Yanju. A Study on Expansion of Input-Output Model [D]. Chengdu: Southwestern University of Finance and Economics, 2009.]
- [11]重庆市人民政府. 重庆概况[EB/OL]. <http://www.cq.gov.cn/cqgk/zrdl/>. [Chongqing Municipal People's Government. A survey of Chongqing [EB/OL]. <http://www.cq.gov.cn/cqgk/zrdl/>.]
- [12]重庆统计局. 重庆统计年鉴 2003-2009 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2003-2009. [Chongqing Municipal Bureau of Statics. Chongqing Statistical Year book 2003-2008 [M]. Beijing: China Statics Press, 2003-2008.]
- [13]重庆市统计局. 重庆市能源消费特征、问题及节能措施研究 [EB/OL]. [2008-08-07]. http://www.stats.gov.cn/tjfx/dfxx/t20080806_402497090.htm. [Chongqing Municipal Bureau of Statics. Characteristics, Problems and Energy Saving Measures of Energy Consumption in Chongqing [EB/OL]. [2008-08-07] http://www.stats.gov.cn/tjfx/dfxx/t20080806_402497090.htm.]
- [14]国家统计局国民经济核算司. 中国地区投入产出表 2002 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2002. [National Bureau of Statistics

- National Accounts. 2002 Input-Output Tables in China [M]. Beijing: China Statics Press, 2002.]
- [15] 政府间气候变化委员会. 2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南 [M]. 日本: 全球环境战略研究所, 2006. [Intergovernmental Panel on Climate Change. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories [M]. Japan: Institute for Global Environmental Strategies, 2006.]
- [16] Munksgaard J, Pedersen K A. CO₂ Accounts for Open Economies: Producer or Consumer Responsibility? [J]. Energy Policy, 2001, 29(4): 327–334.
- [17] 环境保护部信息规划中心. 2009–2020 年中国节能减排重点行业环境经济形势分析与预测 [M]. 北京: 中国标准出版社, 2009. [Chinese Academy for Environment Planning. Analysis and Forecast of Environment and Economic about the Key Industries of Energy Saving and Emission Reduction in China from 2009–2020 [M]. Beijing: China Standards Press, 2009.]
- [18] 中国气候变化国别研究组. 中国气候变化国别研究 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2002. [China Climate Change Country Study Group. China Climate Change Country Study [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2002.]
- [19] Alcántara V, Padilla E. Input–output Subsystems and Pollution: An Application to the Service Sector and CO₂ Emissions in Spain [J]. Ecological Economics, 2009, 68(3): 905–914.
- [20] Pan J, Phillips J, Chen Y. China's Balance of Emissions Embodied in Trade: Approaches to Measurement and Allocating International Responsibility [J]. Oxford Review of Economic Policy, 2008, 24(2): 354–376.
- [21] Ju L P, Chen B. An Input–output Model to Analyze Sector Linkages and CO₂ Emissions [J]. Procedia Environmental Sciences, 2010, 2: 1841–1845.
- [22] Su B, Ang B W. Input–output Analysis of CO₂ Emissions Embodied in Trade: The Effects of Spatial Aggregation [J]. Ecological Economics, 2010, 70: 10–18.
- [23] Machado D, Schaeffer R, Worrell E. Energy and Carbon Embodied in the International Trade of Brazil: An Input–output Approach [J]. Ecological Economics, 2001, 39: 409–424.
- [24] Chen G Q, Zhang B. Greenhouse Gas Emissions in China 2007: Inventory and Input–output Analysis [J]. Energy Policy, 2010, 38: 6180–6193.
- [25] Yabe N. An Analysis of CO₂ Emissions of Japanese Industries during the Period Between 1985 and 1995 [J]. Energy Policy, 2004, 32: 595–610.
- [26] Wiedmann T, Minx J, Barrett J, et al. Allocating Ecological Footprints to Final Consumption Categories with Input–output Analysis [J]. Ecological Economics, 2006, 56: 28–48.

Three-level CO₂ Emission Accounting of Urban Industrial Sectors

JU Li-ping CHEN Bin YANG Jin

(State Key Joint Laboratory of Environmental Simulation and Pollution Control, School of Environment,
Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract As the center of human production and life, urban areas emitted more than 75% of the total greenhouse gas (GHG), in which, CO₂ produced during the energy consumption and non-energy processes from industrial sector accounted for a large proportion. In this study, life cycle CO₂ emission from industrial sector, which was categorized into three level emissions, was accounted based on input-output model the paper concluded that CO₂ emissions were underestimated by the existing accounting methods which are the direct emissions of final energy combustion and the indirect emissions of electricity and steam purchases. And then, input-output life cycle assessment method was chosen to evaluate the upstream carbon emissions of 28 economic sectors of Chongqing. We could see that the emissions of each sector in Chongqing increased year by year, but the overall carbon intensity declined. Meanwhile, seven sectors, namely, coal mining and dressing, nonmetal minerals mining and dressing, nonmetal mineral products, electricity, steam production and supply, chemical industry, smelting and pressing of metals, transportation, storage, postal and telecommunication services, are key sources of GHG emissions in Chongqing. In addition, while the life cycle CO₂ emission of transportation equipment sector took the largest share, but the carbon intensity was relatively smaller. And the sector of transportation equipment was one of the advantageous industries in Chongqing, so it should be actively developed in future.

Key words input-output model; CO₂ emission accounting; Chongqing