

【生态文明与区域发展】

粤港澳大湾区消费端碳排放评估与“双碳”政策探讨*

陈绍晴 吴俊良

摘要:作为我国开放程度最高、经济活力最强的区域之一,粤港澳大湾区城市群在绿色低碳发展上也应起到示范性和引领性的作用。核算2020年大湾区各城市消费端碳排放,量化分析各行业对大湾区碳排放的贡献,结果表明:(1)大湾区消费端碳排放在城市间差异巨大,部分核心城市与国际湾区城市的平均水平相当。(2)大湾区城市在建筑业、服务业和电气机械制造业等行业上有较大的减排空间。粤港澳大湾区完整准确全面落实碳达峰、碳中和工作应多通路优化能源结构,推进产业结构调整和制造业低碳转型,注重建筑业方面的低碳管理,促进减污降碳协同增效,加快建立粤港澳大湾区碳交易市场,建设碳达峰、碳中和多层次试点。

关键词:碳达峰碳中和目标;粤港澳大湾区;消费端碳排放;绿色发展;低碳城市

中图分类号:F293 **文献标识码:**A **文章编号:**2095-5766(2022)02-0060-07 **收稿日期:**2022-01-15

***基金项目:**国家自然科学基金面上项目“城镇居民需求端碳排放网络机制与包容性减排路径研究”(72074232);广东省自然科学基金杰出青年基金项目“城市群能源—水—碳代谢系统耦合机制与一体化管理——以粤港澳大湾区为例”(2018B030306032)。

作者简介:陈绍晴,男,中山大学环境科学与工程学院副教授、博士生导师(广州 510275)。

吴俊良,男,中山大学环境科学与工程学院博士生(广州 510275)。

作为我国开放程度最高、经济活力最强的区域,粤港澳大湾区在绿色低碳发展方面取得了有目共睹的成就,取得了包括能源供给侧改革、产业结构优化、低碳试点和碳交易市场建设等多方面进展。2021年10月24日,中共中央 国务院发布《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》,强调实现碳达峰、碳中和目标要坚持“全国统筹、节约优先、双轮驱动、内外畅通、防范风险”原则,鼓励各地根据实际分类施策,主动作为、率先达峰。粤港澳大湾区如何把握新发展理念,不断培育低碳产业、低碳技术和低碳管理模式,平衡好经济发展和气候变化应对的关系,将是重中之重。粤港澳大湾区还处于经济社会快速发展、产业规模和城市人口不断增加的阶段,过于冒进和激进的降碳措施不仅会增加经济社会运行的风险和

成本,也可能导致“打地鼠”式的排放环节反复和反弹。因此,完整准确全面落实碳达峰、碳中和工作,需在各领域制定好可量化、可执行、可持续的目标和任务。消费侧是一个综合性的经济视角,同时考虑消费支出和生产技术的变化对于各行业碳减排的影响。本研究基于多区域投入产出模型的核算方法,从全球的视野来评估当前大湾区各城市消费端碳排放主要特征和来源,在现有发展规划基础上提出减排重点策略,旨在为大湾区完整准确全面实现“双碳”目标提供科学支撑。

一、研究方法与数据

通过构建嵌套式的多区域投入产出模型,核算2020年粤港澳大湾区整体和各城市(珠江三角洲9

市和香港、澳门)的消费端碳排放,量化城市碳排放主要来源行业的贡献值。

1. 粤港澳大湾区消费端碳排放核算

投入产出分析作为一种宏观数量经济学分析工具,最早由美国经济学家列昂锡夫创立。投入产出模型将整个经济体系分为相互联系的不同行业,并研究各行业投入与产出间相互依存的数量关系。后期发展起来的环境投入产出模型则是考虑资源—经济—环境物质流的关系,将各行业的原始资源消费、直接污染物排放等纳入经济投入,可用于计算经济发展和消费变化驱动的碳排放及其他环境负荷。本研究将我国省级的多区域投入产出模型嵌套到全球国家尺度的多区域投入产出模型中,以实现粤港澳大湾区的消费端碳排放核算。

首先,将我国多区域投入产出模型嵌套到全球多区域投入产出模型中,并以大湾区11个城市(珠江三角洲9市和香港、澳门)作为核算对象。我国多区域投入产出模型覆盖了30个省(区、市)(西藏无数据)和900个经济社会行业,而全球多区域投入产出模型来源于Eora数据库,涵盖了189个国家和地区的4915个行业。通过区分大湾区各城市2020年的最终消费水平,与模型进行匹配,从而核算城市尺度的消费端碳排放量。

在利用嵌套式多区域投入产出模型来进行消费端碳排放核算过程中,我们首先核算了大湾区各经济行业的碳排放强度,如公式(1)所示:

$$e_{CO_2i}^r = \frac{d_{CO_2i}^r}{X_i^r} \quad (1)$$

式(1)中, $e_{CO_2i}^r$ 表示区域 r 与行业 i 的碳强度; $d_{CO_2i}^r$ 区域 r 与行业 i 的直接碳排放; X_i^r 表示区域 r 与行业 i 的总产出。

$$X = (I - A)^{-1} \times Y \quad (2)$$

$$X = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_{n-1} \\ X_n \end{bmatrix}, A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix}, Y = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \cdots & y_{1m} \\ y_{21} & y_{22} & \cdots & y_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{n1} & y_{n2} & \cdots & y_{nm} \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$A = Z \times (\text{diag}(X))^{-1} \quad (4)$$

$$Z = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} & \cdots & z_{1n} \\ z_{21} & z_{22} & \cdots & z_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ z_{n1} & z_{n2} & \cdots & z_{nn} \end{bmatrix} \quad (5)$$

关于式(2)、式(3)、式(4)、式(5), X 、 Y 、 I 分别表示各行业总产出矩阵、城市最终消费矩阵及单位矩

阵; $(I-A)^{-1}$ 表示列昂锡夫逆阵; $A=(a_{ij})$ 表示直接需求系数矩阵,通过 $a_{ij}=z_{ij}/x_j$ 核算获得,其中 z_{ij} 表示行业 i 到行业 j 以货币形式的中间流动, x_j 表示行业 j 的总产出。

$$L = (I - A)^{-1}, A = [a_{ij}^r] \quad (6)$$

$$CBF_{CO_2} = [e_{CO_2}]_{1 \times n} \times L_{n \times n} \times Y_{n \times m} \quad (7)$$

关于式(6)、式(7), L 表示列昂锡夫逆阵, CBF_{CO_2} 表示大湾区各城市的消费端碳排放。

2. 数据来源

粤港澳三地的能源、人口等数据均来自官方统计报告。广东省的能源、人口及经济相关数据来源于广东省统计局,港澳地区的相关数据则分别来源于香港特区政府统计处与澳门特别行政区统计暨普查局。在直接碳排放的核算中,化石燃料的碳排放因子来源于政府间气候变化专门委员会发布的指南和广东省市县(区)级温室气体清单,港澳及全球其他地区各行业的直接碳排放数据来源于Eora中的PRIMAPHIST数据库。本研究所应用的我国省级多区域投入产出表则来源于“中国碳核算数据库”。

二、结果与讨论

结果展示了粤港澳大湾区各城市消费端碳排放总量和人均值,识别了主要的贡献行业,从人均水平上与其他全球城市的消费端碳排放进行横向比较,并分析大湾区绿色低碳发展现有的重要政策与规划。值得提出的是,由于我国和全球的投入产出表尚未更新至2020年,因此,本研究基于消费更新的投入产出分析方法包含了技术系数不变的假定,结果存在不确定性。

1. 粤港澳大湾区城市消费端碳排放

2020年粤港澳大湾区各市整体与人均的消费端碳排放如图1所示,反映出各市最终消费所驱动的排放情况。研究表明,2020年大湾区总消费端碳排放高达8.464亿吨,对应的人均排放为10.2吨/人。香港的总消费端排放量最高(2.71亿吨),广州和深圳的消费端排放量分别处于第二位(1.38亿吨)和第三位(1.36亿吨)。香港的人均消费端碳排放也高达36吨/人,这一方面是由于电力、燃气和供水业的高碳排放,另一方面也与城市居民的高消费有关。除香港外,珠海和澳门的人均排放水平位于

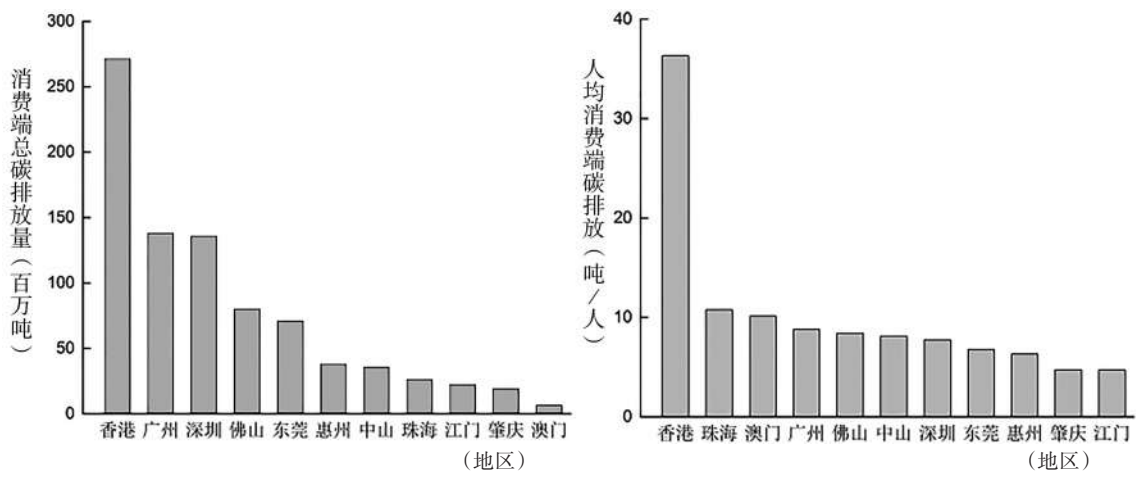


图1 2020年粤港澳大湾区各城市整体与人均消费端碳排放

数据来源:作者计算所得。

大湾区前列(高达10.8吨/人和10.1吨/人),略高于广州和深圳的人均水平(8.8吨/人和7.8吨/人),主要与这些地区人口密度较低但居民消费水平较高有关。

粤港澳大湾区与国际三大湾区的核心城市(东京、纽约及旧金山)及其他部分发达国家主要城市的人均消费端碳排放对比情况如图2所示。2020年粤港澳大湾区人均消费端碳排放为10.2吨/人,与大部分国际湾区城市及发达国家城市相比偏低,但高于东京和斯德哥尔摩。伦敦等部分欧洲国家的城市人均消费端碳排放为10.4吨/人,略高于粤港澳大湾区,而纽约、旧金山等美国湾区主要城市的人

均排放水平高达17—20吨/人,是粤港澳大湾区排放水平的1.7—2.0倍。虽然大湾区整体的消费端碳排放水平在全球发达国家城市中相对偏低,但部分城市则比较突出,尤其是香港,2020年该城市人均排放水平达到36吨/人,高于国际三大湾区的核心城市。从消费侧来看,随着经济发展和居民消费水平的提升,大湾区未来碳排放还有一定上行的压力,但同时也有较高的降碳潜力,未来推动大湾区碳达峰碳中和应重点监测核心城市消费相关的排放变化。

2.粤港澳大湾区消费端碳排放重点行业

粤港澳大湾区各行业对消费端碳排放的贡献

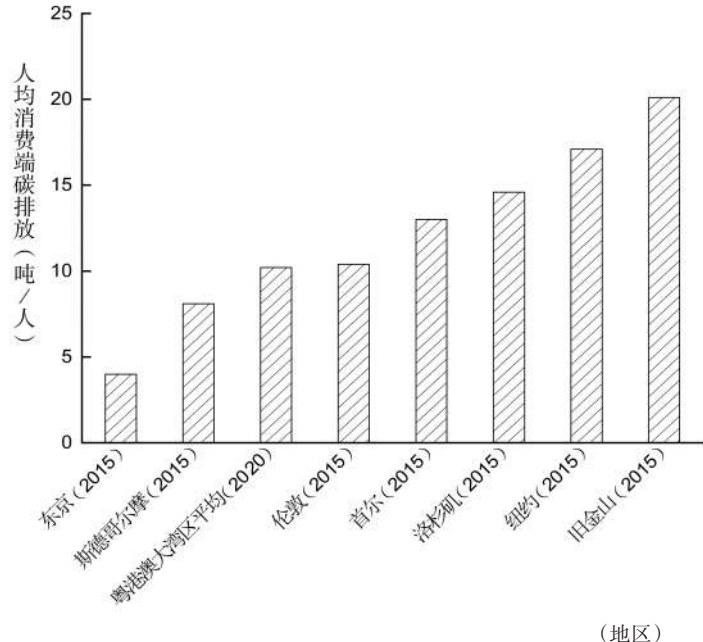


图2 粤港澳大湾区与部分全球城市人均消费端碳排放水平对比

数据来源:作者计算所得。

如图3所示。从消费侧角度来看,建筑业对大湾区碳排放的贡献巨大,该行业所驱动的直接和间接碳排放占整个湾区排放的约20%(1.57亿吨),远高于其他行业,这主要是由于在建筑物原材料采掘(水泥、瓷砖、石砖等)、建材制备与现场建设过程中均需要消耗大量的能源和物料,在整个生产和供应链条中产生了大量的碳排放,不单对本

地造成影响,同时还会通过外包的形式影响大湾区以外地区。当前大湾区建筑业的总产值一直位居全国前列,近十年粤港澳三地的房地产建造和销售量都在迅速增加,带动了企业建筑原材料采掘生产与房屋装修装饰工程的增加,这些在很大程度上推动了能耗增长,从而带动能源消费和碳排放的攀升。

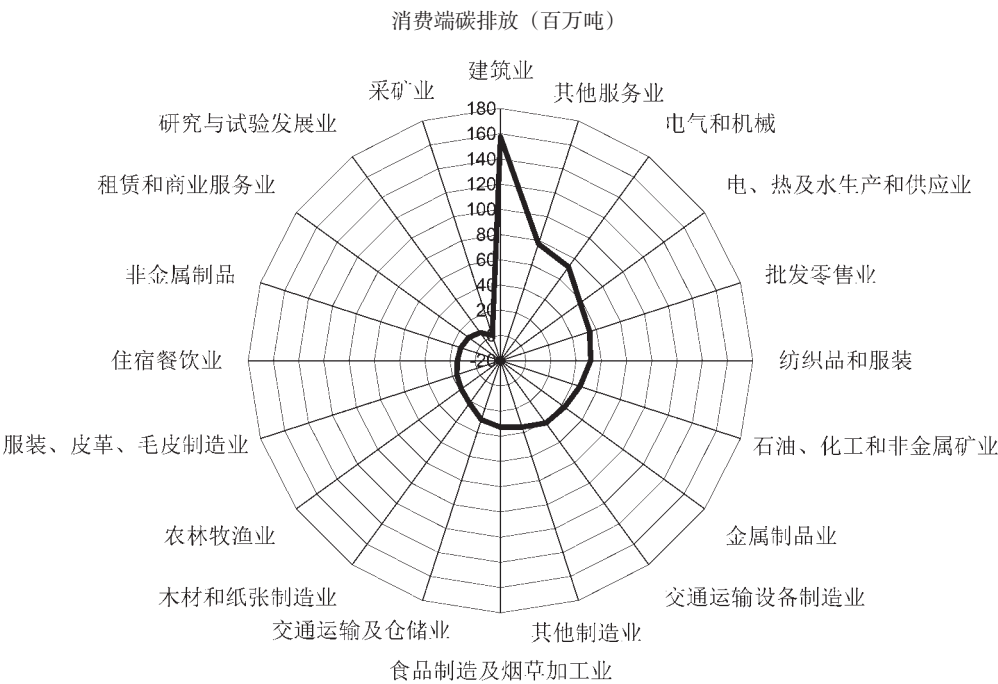


图3 粤港澳大湾区各行业的消费端碳排放贡献

数据来源:作者计算所得。

服务业、电气机械、电力热力、批发零售及纺织服装等行业所带来的碳排放同样不可忽视,分别占大湾区排放的6%—9%(0.52亿—0.77亿吨)。对于大湾区而言,随着经济的不断增长,大湾区服务业规模也在不断扩大,当前服务业已成为促进大湾区经济增长的主体行业,在一些经济发达地区(如广州、深圳等),第三产业增加值已占到城市整体GDP的60%以上,港澳第三产业增加值占比高达90%以上,而服务业的发展也需要大量的大湾区以外的电力供应和其他产品支持,并带来了区域外溢的效应,这进一步说明跨区域产业链一体化管理对碳减排的必要性。此外,纺织服装产业也一直是大湾区的重要支柱行业之一,相应的制品属于区域外贸出口的优势产品,但其发展也需要大量的化学工业中间投入品,与世界先进生产企业相比,粤港澳大湾区的服装纺织企业的生产技术提升还具有较大的

潜力。

3. 粤港澳大湾区绿色低碳发展重要政策与规划

在国家和地方层面上,粤港澳大湾区制定了一系列的绿色低碳发展规划。2019年,中共中央 国务院印发了《粤港澳大湾区发展纲要》,指出大湾区应加快构建清洁低碳的能源体系,推广清洁生产技术和绿色低碳生活,并提出“力争碳排放”早日达峰的要求。“十三五”期间,广东省政府就发布了《广东省“十三五”控制温室气体排放工作实施方案》《广东省能源发展“十三五”规划》《广东省推进粤港澳大湾区建设三年行动计划(2018—2020年)》等规划,主要聚焦在大湾区能源结构调整上,指出应降低燃煤发电,推动清洁能源的利用和发展,加快建设低碳能源体系,同时发展清洁生产技术、建立低碳试点与绿色示范区。在“十四五”规划方面,广东省政府及相关部门发布了《广东省国民经济和社会

发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》《广东省生态环境保护“十四五”规划》等规划文件,对大湾区经济发展与碳排放控制提出了更加清晰的目标和要求,保障建立绿色低碳循环发展经济体系,推动珠三角城市率先达峰,并展望2035年能源利用效率,力争达到世界先进水平。

此外,港澳各地也发布了各自的低碳规划。2017年,香港提出了《香港气候行动蓝图2030》,旨在通过调整能源结构、减少燃煤发电、更具规模地采用可再生能源、改善公共交通、加强各界合作等方式增强减排成效。2021年,香港政府发布了《香港气候行动蓝图2050》,提出远期城市实现净零发电、运输零碳排放、降低建筑用电量等目标,支撑2050年全港实现碳中和。2021年,澳门特别行政区政府发布了《澳门特别行政区经济和社会发展第二个五年规划(2021—2025年)》,提出推动节能减排和源头减废、完善环保基建、实现清洁能源替代、降低交通碳排放等措施,打造绿色、低碳、宜居澳门。

碳达峰、碳中和是涉及全社会变革的系统工程,需要可持续的路径设计。大湾区需从自身发展阶段和未来发展空间出发,在保证民生、稳定生产和保障能源安全的大前提下,完整准确全面落实碳达峰、碳中和工作。

三、结论与政策建议

研究表明,在粤港澳大湾区中,由于电力、燃气和供水业的高碳排放与居民高消费的生活水平,香港的整体和人均消费端碳排放均最为突出,广州及深圳等地的整体碳排放相对较高,但人均水平较低。从人均来看,当前大湾区整体及香港、珠海及澳门等核心城市有较高的减排潜力,在未来大湾区推动区域整体碳减排的同时,也应重点关注重点城市减排进程。当前,建筑业、服务业及电气机械等为大湾区消费端碳排放的主要驱动行业,其中以建筑业最为突出。此外,由于三产规模的扩大及电力供应需求的增加,服务业和电气机械行业的驱动效应也不可忽视。未来大湾区需继续推动能源转型与加强对碳排放重点行业的管理。

基于以上分析,本文从能源结构优化、产业低碳转型、建筑业低碳管理、减污降碳协同增效、碳交易、区域协调和地方试点等方面给出关于粤港澳大

湾区完整准确全面落实碳达峰、碳中和工作的若干政策思考。

1.多通路优化能源结构

当前,粤港澳大湾区火电在最终能源消费中所占比例依然较高,在用能清洁化程度上与其他国际湾区相比仍存在一定差距。大湾区处于能源供应链末端,是能源利用大户,相比于土地资源更丰富、日照时长更长、强度更大的西部地区,大湾区在风电、光伏发电所需要的资源禀赋、地理位置方面不具备比较优势,在可再生能源发展上存在现实瓶颈和挑战。未来,不仅要积极开发海上风电,还要开拓外部清洁能源供应渠道,掌握好两者动态平衡,确保能源供应安全和低碳发展行稳致远。一个要点是,能源结构的调整和优化应在保证经济社会稳定发展的前提下分阶段推进,以免导致能源供应紧张及煤气价格上涨等问题,尽量减轻对企业正常生产经营活动造成的影响,降低经济社会运行风险。一是要解决能源发展不平衡不协调的问题,在实施“煤改气”“煤改电”基础上,还需提升风能、太阳能及生物质能等清洁能源的利用率,促使能源消费结构逐步合理化;二是依托“一带一路”和大湾区建设,打造能源储用基地,推动大湾区内天然气主干管网融合。

2.推进产业结构调整和制造业低碳转型

粤港澳大湾区虽然总体上第三产业占比达到60%以上,但区域间差异较大,其中珠三角各市仍高度依赖工业经济。在产业结构调整方面,一是考虑将珠三角地区的部分工业向东西两翼和山区进行产业梯度转移,利用优势互补缩小各区域的差距,同时也提高珠三角地区能源安全保障;二是将高耗能高污染行业向绿色转型,加速产业结构的优化升级,更加注重在先进材料、高端装备制造、新能源等战略性新兴产业方面的投入,在保障关键特色制造业发展的同时,提高现代服务业比例;三是明晰大湾区各产业实现碳达峰、碳中和的难度和时间点差异,建立起产业间协调互补机制,制定钢铁、炼油、建筑、交通等重点行业的碳达峰、碳中和专项规划;四要注意低碳研发和产业人才培育、干部培训,依托珠三角和港澳一流高校和科研院所,建成碳达峰碳中和人才智库和技术平台。

3.注重建筑业方面的低碳管理

当前建筑业是驱动粤港澳大湾区消费端碳排

放增长最主要行业,随着城市人口数量的继续增长,大湾区房地产建造和销售量均在不断增加,推动建筑业的低碳转型对大湾区减污降碳具有重要意义。具体来看,第一,大湾区应合理规划建筑活动频率及楼房建设寿命,在建筑制造过程中,应尽量使用绿色低碳材料,研发高层建筑节能和“产能”技术;第二,继续推动技术进步,加快从传统制造业向绿色制造业的转型,从而提高建筑材料的生产效率;第三,对于大湾区中像香港这样对进口依赖较大的城市,可以考虑推动进口来源多样化,鼓励引进及使用低碳密集型材料和与清洁燃料组合的水泥钢铁等材料;第四,统一在全区域推行的绿色建筑标准,打造大湾区“零碳”建筑示范工程和示范园区,争取全区在建筑领域内节能降耗减碳上达到世界领先水平。

4.促进减污降碳协同增效

大部分的大气污染和碳排放同根同源,应将“双碳”工作与“十四五”深入打好污染防治攻坚战相结合,严格控制煤炭消费量,在现有的节能改造工程基础上进一步发挥非化石能源的替代作用,加快联防联控下大气污染和碳排放的协同治理。同时,应注意保障大湾区各地市居民用电和重点企业合理生产用能,降低经济社会运行风险,推动常态化的能源转型。此外,大湾区有很好的绿色“底子”,应整合林业碳汇和生态修复工程。例如,应谋划实施矿山生态修复、山水林田湖草生态保护修复和退耕还林还湿等生态环境系统工程,深入挖掘环境修复的固碳潜力,完善林业保护与碳普惠机制,健全自然和人工碳汇的监测体系,推进化肥减量增效、秸秆综合利用、畜禽粪污资源化利用行动,发展农村可再生能源,构建各地市因地制宜的固碳增汇模式。

5.加快建立粤港澳大湾区碳交易市场

广东省是现有7个碳排放权交易市场试点之一,有低碳领域的创新地域优势。相比于收缴碳税,发展碳市场对企业经营生产影响较小,为企业提供了实现碳目标的多种渠道。目前,需进一步扩大碳交易控排行业范围,在“双碳”目标的指引下,做好粤港澳大湾区碳市场的顶层设计,推动重点碳金融产品和新型衍生品上线,与国家碳市场错位发展、相互补充。一是在“十四五”期间,积极整合广东现有碳排放权交易资源,促进港澳与内地碳排放

权交易的协同合作、区域联动,并探索跨国(境)碳排放配额市场及自愿性碳交易市场;二是推动跨区资本合作和机制融合,充分发挥绿色金融对于深度减碳的支持作用。绿色金融能够在一定程度上帮助大湾区中小企业实现经济效益与节能环保的双赢,既在节能减碳、绿色发展方面积累创新技术及发展经验,又可以通过绿色信贷项目实现融资,提高市场竞争力。此外,小微企业、社区家庭和个人能够通过碳普惠平台把节能减碳行为交易变现,助力消费端的深度减排。

6.建设碳达峰、碳中和多层次试点

粤港澳三地之间的社会制度、规章制度等方面存在差异,未来应建立三地的低碳发展协同机制。可重点考虑建立大湾区三地统一的生态服务交易制度,加强当前负责协调处理粤港澳大湾区低碳发展机构的职能和作用,达成“一流生态湾区”一体化能源转型发展目标与低碳发展规划,促进能源资源利用领域的深度合作,将港澳地区金融、科技与服务的巨大优势融入大湾区的绿色低碳经济体系建设中。此外,整合粤港澳三地优势,布局“零碳”产业集群,加快碳中和试点示范项目建设。一个可行的途径是,有条件的地区选取适宜的层次率先探索碳达峰和碳中和,打造城乡、园区、社区、企业试点示范,为全省乃至全国提供可借鉴、可复制、可推广的“双碳”实践经验。比如,产业园区如能为企业提供污染物集中处理、集中供热供气和低碳专业咨询等服务,既能大大提高园区能源利用效率和减排效果,也能很好地调动企业参与“双碳”行动的主动性和积极性。

参考文献

- [1]陈绍晴,龙慧慧,陈彬.代谢视角下的城市低碳表现评估[J].中国科学:地球科学,2021(10).
- [2]Sovacool B K, Brown M A. Twelve Metropolitan Carbon Footprints: A Preliminary Comparative Global Assessment[J]. Energy Policy, 2010, 38(9).
- [3]Jones C M, Wheeler S M, Kammen D M. Carbon Footprint Planning: Quantifying Local and State Mitigation Opportunities for 700 California Cities [J]. Urban Planning, 2018, 3(2).
- [4]Long Y, Yoshida Y, Liu Q, et al.. Comparison of City-Level Carbon Footprint Evaluation by Applying Single and Multi-Regional Input-Output Tables [J]. Journal of

- Environmental Management, 2020,260(15).
- [5] Zhou Y, Wei T, Chen S, et al.. Pathways to A More Efficient and Cleaner Energy System in Guangdong-Hongkong-Macao Greater Bay Area: A System-Based Simulation During 2015—2035 [J]. Resources, Conservation and Recycling, volume 174, 2021(11).
- [6] 城市绿色创新协同发展的最佳实践(一):旧金山湾区[EB/OL]. <http://www.cbnri.org/news/5325867.html>.
- [7] 日本通过 2050 年碳中和法案[EB/OL]. <http://www.cgpnnews.cn/articles/56523>.
- [8] New York's Climate Leadership and Community Protection Act[EB/OL]. <https://www.nyserda.ny.gov/All-Programs/CLCPA>.
- [9] 郑敏嘉,赵静波,钟式玉,等.粤港澳大湾区能源体系建设
- 的国际经验借鉴探讨[J].能源与节能,2020(5).
- [10] Chen S, Tan Y, Liu Z. Direct and Embodied Energy-Water-Carbon Nexus at An Inter-Regional Scale [J]. Applied Energy, 2019,251:113401.
- [11] Lin B, Li Z. Spatial Analysis of Mainland Cities' Carbon Emissions of and Around Guangdong-Hongkong-Macao Greater Bay Area[J]. Sustainable Cities and Society, 2020, 61:102299.
- [12] Zhou Y, Shan Y, Liu G, et al.. Emissions and Low-Carbon Development in Guangdong-Hongkong-Macao Greater Bay Area Cities and Their Surroundings [J]. Applied Energy, 2018,228:1683—1692.
- [13] 赵宏图.国际能源转型现状与前景[J].现代国际关系, 2009(6).

Assessment of Consumption-Based Carbon Emission and Discussion on Carbon Peaking and Carbon Neutrality Policies in Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area

Chen Shaoqing Wu Junliang

Abstract: As one of the regions with the highest degree of openness and economic vitality in China, Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area (GBA) should also play a demonstrative, leading and innovative role in green development and transition to low-carbon development. This study calculated the carbon emission from a consumption perspective of each city in GBA in 2020 and evaluated the contribution of each sector to emission. The results show that: (1) There is a big gap in consumption-based carbon emission among the GBA cities, and the emissions of some core cities were similar with the average level of foreign bay areas. (2) For these GBA cities, the potential of carbon emission reduction in construction, service industry and electrical and machinery is high. To comprehensively, accurately and fully achieving carbon peaking and carbon neutrality, GBA should optimize the energy structure through multiple approaches, promote industrial restructuring and low-carbon transition of manufacturing, pay attention to low-carbon management of construction industry, strengthen the synergy of pollution reduction and carbon reduction, accelerate the establishment of carbon trading market of GBA, build multi-level pilots of carbon peaking and carbon neutrality.

Key Words: Carbon Peaking and Carbon Neutrality; Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area; Consumption-Based Carbon Emission; Green Development; Low-Carbon City

(责任编辑:柳 阳)