

国际运输论坛

ITF

# 交通运输展望2021

ITF Transport Outlook 2021

经济合作与发展组织 著

Organization for Economic Co-operation and Development (OECD)

交通运输部科学研究院 译

China Academy of Transportation Sciences



人民交通出版社股份有限公司  
China Communications Press Co., Ltd.

国际运输论坛

ITF

# 交通运输展望2021

ITF Transport Outlook 2021

经济合作与发展组织 著

Organization for Economic Co-operation and Development (OECD)

交通运输部科学研究院 译

China Academy of Transportation Sciences

人民交通出版社股份有限公司

北京

最初由经合组织以英文出版，标题为: *ITF Transport Outlook 2021* © 经合组织 2021, <https://doi.org/10.1787/16826a30-en>.

原版附有作者和地区的免责声明，可点击此链接获取：

<https://www.oecd-ilibrary.org/sites/16826a30-en/index.html?itemId=/content/publication/16826a30-en>

该译本不是经合组织编写的，不应被视为经合组织的正式译本。翻译的质量及其与作品原版的一致性翻译作者的唯一责任。如果原版和译文之间存在任何差异，则只有原版的文本才视为有效。

© 2021 中国交通运输部科学研究院(CATS) 翻译。

修改后的版本，2021 年 10 月修改的详情见：

[https://www.oecd.org/about/publishing/Corrigendum\\_ITF-Transport-Outlook-2021.pdf](https://www.oecd.org/about/publishing/Corrigendum_ITF-Transport-Outlook-2021.pdf)

已出版的更正详见：

[www.oecd.org/about/publishing/corrigenda.htm](http://www.oecd.org/about/publishing/corrigenda.htm).

Originally published by the OECD in English under the title:  
English title: ITF Transport Outlook 2021  
©2021 OECD  
©2021 China Academy of Transportation Sciences for this Chinese edition

OECD 原版为英文:  
英文标题:ITF Transport Outlook 2021  
©2021 OECD  
©2021 中文版属于交通运输部科学研究院

### 图书在版编目(CIP)数据

国际运输论坛(ITF)交通运输展望:2021/交通运输  
部科学研究院译著. —北京:人民交通出版社股份  
有限公司,2022.7

ISBN 978-7-114-17735-4

I. ①国… II. ①交… III. ①交通运输发展—研究  
IV. ①F503

中国版本图书馆CIP数据核字(2021)第251007号

Guoji Yunshu Luntan(ITF)Jiaotong Yunshu Zhanwang 2021

书 名: 国际运输论坛(ITF)交通运输展望2021  
原 著 者: 经济合作与发展组织  
译 者: 交通运输部科学研究院  
责任编辑: 崔 建  
责任校对: 孙国靖 魏佳宁  
责任印制: 刘高彤  
出版发行: 人民交通出版社股份有限公司  
地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号  
网 址: <http://www.ccpe.com.cn>  
销售电话: (010)59757973  
总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部  
经 销: 各地新华书店  
印 刷: 北京虎彩文化传播有限公司  
开 本: 889×1194 1/16  
印 张: 8.5  
字 数: 238 千  
版 次: 2022年7月 第1版  
印 次: 2022年7月 第1次印刷  
书 号: ISBN 978-7-114-17735-4  
定 价: 98.00 元  
(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

## 编 委 会

(成员按姓氏笔画排序)

顾 问：石宝林 周晓航 王先进 李 扬

李冠玉

主 编：李艳红 王显光 田春林

成 员：王安宇 王 巍 石 琼 刘振国

刘蕾蕾 闫 超 孙可朝 孙志超

买媛媛 李 乾 李 磊 杨 东

杨环宇 汪 健 张甜甜 陈 硕

武 平 郑维清 袁 瑜 梁科科

韩继国 潘新欣 庄洲洋 刘 新

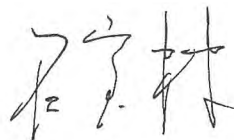


# 序

新冠疫情严重影响了我们的日常生活,交通运输行业遇到了空前的挑战,人员及货物的流动受到了前所未有的限制。同时,新冠疫情也进一步突显并让公众意识到了交通运输行业的关键作用,它保障了重要物资安全及时的送达,确保了基层工作者的出行,使他们可以继续提供社会运转必不可少的服务。国际运输论坛(ITF)的《ITF 交通运输展望》2021版,分析了新冠疫情对交通运输系统的影响,以及交通运输在解决社会公平和人类福祉问题方面的作用,设定了恢复、重塑、再塑三种情景,分别模拟了新冠疫情可能产生的长期影响,并将这些影响与交通运输行业脱碳的挑战和机遇联系起来,最后提出了若干政策,可为我国如期实现碳达峰与碳中和目标相关政策的制定提供参考。

《ITF 交通运输展望》2021版的主要特点体现在:一是以数据为基础,利用 OECD 和非 OECD 国家的长期数据积累,并结合新冠疫情以来各个成员国采集的数据,进行分析与论证。二是以模型为手段,ITF 模型以分析交通需求作为基础,结合新的数据,对模型的参数进行更新标定,并修订预测结果。三是以运输脱碳为目标,设定了恢复、重塑、再塑三种情景,并从城市客运、城际客运、货物运输三个角度预测了运输需求的变化以及不同政策的前景趋势,结果对比一目了然,是交通运输行业脱碳政策及路径制定的重要参考依据。

《ITF 交通运输展望》2021 中文版是我院与国际运输论坛(ITF)第三次合作,得到了国际运输论坛的大力支持和协助。该报告的翻译出版是在交通运输部国际合作司指导下完成的,我院(ITF 中国秘书处)负责了全书的组织和翻译工作,主要参译人员包括:王显光、李艳红等。该报告的出版还得到了人民交通出版社股份有限公司的大力协助。国际运输论坛的黄伟莹、陈贵能、KONE-BOCQUET Céline 参与了中文版组织和校审工作,在此对他们的辛勤且富有成效的工作表示感谢。



交通运输部科学研究院院长

2021 年 12 月 21 日



# 目录

第0章 概述	1
0.1 背景	1
0.2 发现	1
0.3 政策分析	2
第1章 面向环境更清洁、社会更公平的交通重塑	4
1.1 双重挑战:不公平和气候变化	5
1.2 被低估的链接:交通运输和人民福祉	7
1.3 交通 CO <sub>2</sub> 排放:排放量巨大且不断增加	7
1.4 同时应对排放和不平等	9
1.5 构建未来交通系统:以疫情作为新起点	12
1.6 人的维度:出行需求的多样性	16
1.7 经济维度:恢复的不确定性	20
第2章 面向2050年的交通脱碳发展路径	25
2.1 未来交通3种情景:恢复、重塑、再塑	26
2.2 持续增长的交通需求	29
2.3 交通排放和气候目标:我们是否还能实现	35
2.4 交通排放和社会公平:谁为脱碳买单	38
第3章 城市客运:城市可以使出行更可持续、公平和富有韧性	42
3.1 城市客运脱碳:现状	43
3.2 应对新冠肺炎疫情:后疫情时代城市出行的机遇和挑战	47
3.3 未来城市交通的3种情景:恢复情景、重塑情景和再塑情景	50
3.4 城市出行需求:日益增长的城市需求管理	55
3.5 城市出行产生的 CO <sub>2</sub> 排放:改进服务,减少碳足迹	59
3.6 出行公平和人类福祉:城市的可达性和交通网络的韧性	65
3.7 政策建议	71
第4章 非城市客运:绿色交通的重要领域	74
4.1 非城市客运脱碳:现状	75
4.2 应对新冠肺炎疫情:后疫情时代非城市出行的机遇和挑战	77
4.3 未来非城市客运的3种情景:恢复情景、重塑情景和再塑情景	81

4.4	非城市客运需求:快速恢复且持续增长	85
4.5	非城市客运产生的 CO <sub>2</sub> 排放:排放与需求解析	90
4.6	公平脱碳:公平地减少非城市客运的排放	94
4.7	政策建议	96
<b>第 5 章</b>	<b>大胆的行动可以实现货运脱碳</b>	<b>98</b>
5.1	货运脱碳:现状	100
5.2	应对新冠肺炎疫情:后疫情时代货运面临的机遇和挑战	105
5.3	未来货运的 3 种情景:恢复情景、重塑情景和再塑情景	109
5.4	货运需求:增幅明显,但速度缓慢	113
5.5	货运产生的 CO <sub>2</sub> 排放:排放增长出现拐点	118
5.6	货运公平脱碳:避免地区不平衡	122
5.7	政策建议	125



# 第1章 面向更清洁环境更公平社会的交通重塑

本章主要探讨交通运输在应对气候变化及社会不平等方面的角色作用。在本章中，我们将讨论新型冠状病毒引起的肺炎疫情带来的影响以及如何利用经济复苏推进脱碳和包容性。

此外，我们还将探索全球人口趋势及人口变化，因为这些因素会影响到未来的交通需求。我们认为，在当前经济前景不稳定的背景下制定的政策对未来生活将产生重大影响。

## 概要

新冠肺炎疫情后复苏必须致力于建设更清洁更公平的交通系统

个人和国家对造成气候变化应负的责任与他们的收入之间存在着严重的不平衡。那些碳排放量最少的人或国家，经济机会最少，但受到的影响最大。新冠肺炎疫情在卫生和经济领域产生的影响更加剧了这一差异。

交通运输与我们这个时代最关键的议题密不可分。交通的发展极大地提升了人民的福祉：它使得人们能够获得商品、服务和社会网络，提升生活质量。但同时，交通运输对外部产生的负面作用，特别是CO<sub>2</sub>排放，对气候变化的影响也愈发让人担忧。国家自主贡献(NDCs)反映了各国在《巴黎协定》下的承诺，但目前并未能达到各国协定的成果。因而，必须对国家自主贡献进行进一步的修订，并针对交通减排采取具体的措施。

制定一个全面综合的交通运输政策日程，对于实现《巴黎协定》和推动落实联合国可持续发展目标，具有重要意义。要在疫情后时代解决交通不平等问题，推动运输脱碳，必须做到：

(1) 交通运输政策必须协调好经济复苏、环境治理和社会平等，确保赢得公众的支持，提高成本效益，并在现实可行的时间表内得以落实；

(2) 交通运输政策必须将重点从流动性转移到可及性，让交通服务惠及更多的民众；

(3) 交通运输必须与能源、制造业、旅游、贸易、信息及通信技术(ICT)等其他领域开展更加紧密的合作。公共部门的决策者还必须与土地用途规划者以及私营交通服务提供者建立更加密切的关系。在制定未来的交通决策时，必须考虑到疫情后的经济复苏以及经济前景极不确定等背景，同时，还要考虑到全球城镇化正不断推进，且许多地区的人口老龄化日益严重。新冠肺炎疫情给交通运输活动带来了前所未有的挑战和变化。由于世界各地实行封锁，许多城市都陷了停摆状态。边境关闭导致国际出行下跌至历史最低水平。货运不得不迅速作出调整，确保必需品能够跨境流动。交通运输部门根据相应倡议作出变动，为必要工作人员抗击新冠肺炎疫情提供支持。许多交通运输工作者成为前线人员，在高风险环境下继续提供交通服务。

随着世界逐步迈入复苏阶段，重启交通领域面临着许多挑战，同时也存在着独特的机遇。可以利用在疫情期间发生的行为改变，设计经济刺激方案，重塑交通系统，推动建设一个更加可持续、更加包容的未来。

在世界应对新冠肺炎疫情引发的人类悲剧和经济危机的同时，气候变化和不平等引起的长期挑战

也日益突显。在经济不稳定的背景下,在努力实现可持续性的过程中,环境和公平是最重要的考量因素。

交通运输领域尤其如此。交通运输与气候变化和不平等问题紧密相连。交通流动是提高生活质量不可或缺的元素,但由于它对化石燃料的依赖,也使它成为造成气候变化的主要因素。2018年,交通运输造成的CO<sub>2</sub>直接排放占到燃料燃烧排放量的25%(IEA,2020<sup>[1]</sup>)。气候变化在许多方面都加剧了不平等现象。在解决气候问题的过程中,政府必须确保最弱势群体无需承担更多的社会成本。一个公平的交通系统,可以通过公平地提供机遇和分摊成本,改善所有用户的福祉。

当前,各国政府面临着一个独特的机遇,将气候变化和公平作为经济复苏战略的核心,从而减少交通运输的排放并增强公平性。《ITF 交通运输展望 2021》为支持这两个目标的政策决定提供了证据基础。本报告支持公平的交通过渡,推动建立一个经济上可运行、政治上可实行、以人类福祉为中心的更具可持续性和韧性的交通运输系统。

## 1.1 双重挑战:不公平和气候变化

气候变化的成因与影响,在发达国家与发展中国家之间、富人与穷人之间的分布是不均衡的,因此,采取行动、减少排放的责任,各方承担的份额也有差异。一个公平的过渡过程(基于污染者付费原则)应该要求最大累积排放者承担更大份额的成本。此外,气候行动还应确保最弱势群体的境况至少不会恶化:在向可持续交通过渡的过程中,必须将环境和平等作为核心考量。

尽管国家与国家之间的经济差异相对有所缩减或基本保持不变,但许多国家国内的贫富差距都处于30年来的最高水平[OECD(经济合作与发展组织),2015<sup>[2]</sup>;联合国,2020<sup>[3]</sup>;Hasell,2018<sup>[4]</sup>]。超过70%的世界人口所生活的国家面临着日益加剧的不平等现象(联合国,2020<sup>[3]</sup>)。OECD国家中,2015年最富裕的10%的人口收入是最贫穷的10%的人口收入的9.6倍。这个比例在20世纪80年代是7,此后一直不断上升。更令人担忧的是,底层40%的工作人口的收入在不断下降;而自婴儿潮一代开始,每一代中产阶级的衰落也同样令人忧心(OECD,2015<sup>[2]</sup>;OECD,2019<sup>[5]</sup>)。

日渐明显的收入差距阻碍了经济的发展。根据OECD的估算,由于收入不平等,其成员国在1990—2010年间累积GDP(国内生产总值)增幅平均下降4.7个百分点(OECD,2015<sup>[2]</sup>)。即便GDP增长了,也并没有转化为中低收入者生活水平的提高(OECD,2020<sup>[6]</sup>)。

气候变化已经成为全球面临的主要挑战。为了应对全球变暖,国际社会在2015年的《巴黎协定》中承诺将全球平均气温相比工业化前水平的增幅限制在“远低于2°C”,并“尽力”将增幅限制在1.5°C。为了实现这个目标,签署国同意提交国家气候行动计划,或者可以称为国家自主贡献(NDCs)。

控制全球气温上升愈显重要。最新数据显示,全球的CO<sub>2</sub>排放量在持续上升(IEA,2020<sup>[7]</sup>)。同时,新的科学证据,尤其是在政府间气候变化专门委员会2018年的一份特别报告中,已经着重强调了全球变暖超过1.5°C可能会产生的重大影响(IPCC,2018<sup>[8]</sup>)。即便全面落实目前提交的国家自主贡献(NDCs),全球平均气温仍然将上升3°C或以上,况且NDC并不具备约束性(WRI,2020<sup>[9]</sup>)。《巴黎协定》要求各国每5年提交修订后的NDCs。在2020/2021年,各国将拥有一个独特的机遇,在修订后的NDCs中,按照1.5°C这个目标,提高气候雄心,强化具体的气候行动。

经济不平等与气候变化的现实状况密切交织。气候变化的因果分布是不平等的。气候变化的成因主要与较富裕国家和个人的消费相关,但所引起的后果对发展中国家的影响要大于对发达国家的影响;在每个国家内部,对较贫穷公民的影响要大于对较富裕公民的影响。女性受到的影响也要大于男性,尤其是在发展中国家:因气候变化而流离失所的人中,有80%是女性(UNDP,2016)。面临气候变化最严重后果的群体或国家,对造成气候变化应负的责任最小,应对灾害的资源最少——这是一种“双重不公正”(Gough,2011<sup>[10]</sup>)。

相较没有人为变暖的情景,过去50年间,全球变暖导致国家之间的经济差距增长了约25%(Diften-

baugh 和 Burke, 2019<sup>[11]</sup>)。造成这一差距的原因是,受气温上升影响最严重的天气较热的较贫穷国家,经济产出连年下降,而许多气候较冷的较富裕国家,经济产出则是不断增加。气候变化是由以化石燃料为基础的活动所导致的,发达国家从这些活动中所攫获的利益本就是不平等的,而气候变化的后果,例如,愈加频繁的自然灾害,更是加深了现有的经济和社会不平等的断层线(UNDP, 2019<sup>[12]</sup>)。

国家层面上富与穷之间的排放差距已经非常明显,个人层面上更是如此。由于发展中国家中上层阶级的碳足迹不断增加,国家之间的排放不平等已经缩减。然而,在国家内部,与排放相关的不平等正在不断加剧。截至 2015 年,国家内部的 CO<sub>2</sub> 排放不平等占到全球 CO<sub>2</sub> 排放分布的 50%,而在 1998 年,它只占到 1/3(Chancel 和 Piketty, 2015<sup>[13]</sup>)。世界上排在前 10% 的个人排放者产生的排放量占全球总排放量的 45%,而底层的 50% 只占 13%(图 1-1)(Chancel 和 Piketty, 2015<sup>[13]</sup>)。再看一看航空出行,这是 CO<sub>2</sub> 排放最密集的交通方式,更进一步突显了这些不平等现象:2018 年,全球只有 11% 的人口乘坐飞机,而且只有大约 4% 的人乘坐航程较远的国际航班。超过一半与航空相关的排放是由不超过全球人口 1% 的少数富裕人口产生的(Gössling 和 Humpe, 2020<sup>[14]</sup>)。

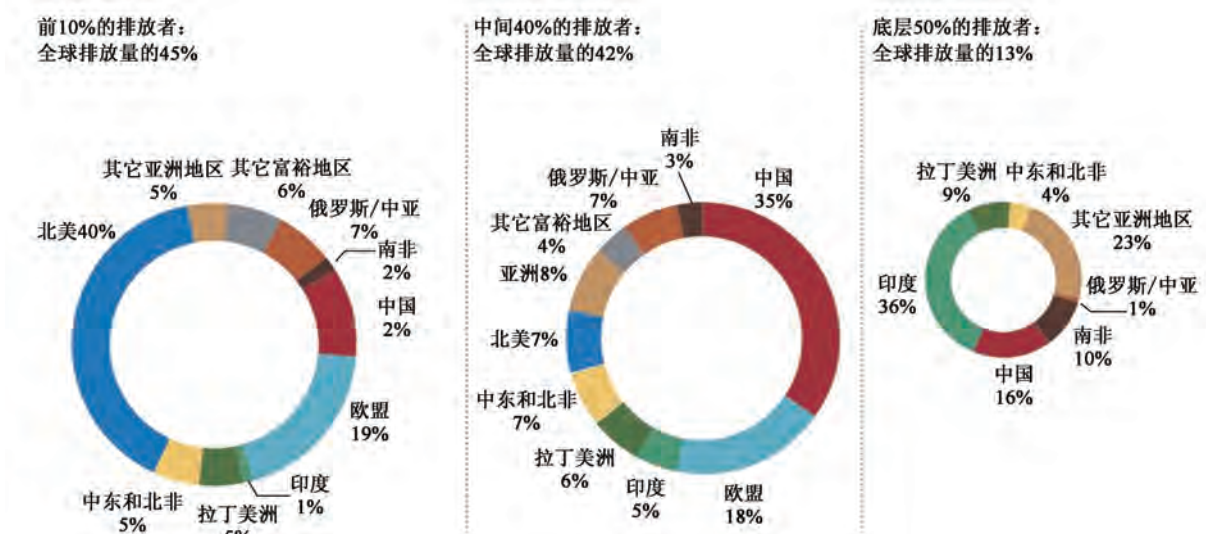


图 1-1 前 10%、中间 40% 以及底层 50% 的个人排放者的 CO<sub>2</sub> 排放情况

注:该图显示,全球 45% 的 CO<sub>2</sub> 排放是由 10% 的人口产生的。在这些个人中,40% 来自北美洲,19% 来自欧盟,还有 10% 来自中国。底层 50% 的人口产生的碳排放最少,仅占全球 CO<sub>2</sub> 排放量的 13%。在这些排放量最少的人中,36% 来自印度,23% 来自其他亚洲国家。剩余 42% 的排放量是由中间的 40% 的人口产生的。

资料来源:Chancel and Piketty (2015<sup>[13]</sup>), *Carbon and inequality: from Kyoto to Paris*, <http://piketty.pse.ens.fr/files/ChancelPiketty2015.pdf>.

要想真正削减温室气体排放,必然要求发达国家采取行动。作为最大的累积排放者,同时也是技术与资本的最多拥有者,发达国家既负有最大的责任,也拥有必不可少的方法,来应对气候变化(Thorwaldsson, 2019<sup>[15]</sup>),以及落实联合国可持续发展目标(SDGs)。

减排措施还应面向那些以最小成本可以产生最大影响的地方。发达国家在可持续性方面的投资不应局限于本国。对技术和绿色倡议投资所带来的社会和经济裨益已经说明了支持发展中国家的合理性。必须进行技术转让,从而缩小国家之间获得现有技术和资本的差距(Kosolapova, 2020<sup>[16]</sup>)。在交通运输领域,空气污染、交通拥堵、安全等议题的切实改进,与不断推进的脱碳议程齐头并进,在减少全球 CO<sub>2</sub> 排放的同时,也为当地带来了重大好处。

经济不平等与气候变化密切交织。IPCC 呼吁采取紧急且有力的气候措施,同时也强调社会正义与公平应该是所有可持续发展道路的核心考量(IPCC, 2018<sup>[8]</sup>; IPCC, 2018<sup>[17]</sup>)。为了体现出这种联系,国际协议和国家政策议程应重点关注公平的脱碳政策,与更广泛的社会包容和可持续发展目标相一致。

在国际层面上,各国必须为自己的 CO<sub>2</sub> 排放承担责任。各国在全球总碳足迹中所占份额也应在社区和家庭之间公平分配(CSER,2018<sup>[18]</sup>)。按最低程度,脱碳起码必须确保最弱势群体的处境不会恶化。而按最有雄心的目标,如果脱碳措施的分配问题得以解决,那么气候变化减缓政策应该提升公民的交通可及度,并增强交通系统的韧性。

## 1.2 被低估的链接:交通运输和人民福祉

所有人都需要通过交通活动来获取商品和服务,促进社会联系。我们的社会建立在交通网络的基础上。正是因为有了交通网络,人们可以去工作赚取收入,去上学提升他们的生活机遇,去看望亲朋好友,去获得医疗照顾,去图书馆、游泳池或公园。从食品到药品等必需品的供应,都依赖于高效、可靠的物流运作。通达顺畅的交通可以使我们的社会和专业网络横跨全球,为地处偏远的社区提供不可或缺的生命线。

交通运输与个人及集体的福祉密不可分。可移动性本身并不会改善人类的状况;除非可移动性可以为前往理想目的地提供手段方式(ITF,2019<sup>[19]</sup>)。目前关于交通公平存在着许多定义和运作。本交通运输展望从商品、服务和社会网络等人类需求的可及性以及交通运输利益与成本的公平分配这两个角度来考虑公平性。

公平的交通系统使每个人都可以满足自己的需求,而不受个人收入、年龄、性别或残疾与否的影响。缺乏公平的交通系统会使某些群体边缘化。可及性包括个人是否能获得机遇(或抵达目的地)以及在考虑到财政资源、流动限制等因素后,是否拥有安全且可负担的交通选项可以将个人与这些机遇连接起来。每个人的个人需求在一生中都会发生变化,会随着人生阶段或居住地相对于目的地的位置不同而变化(Banister,2018<sup>[20]</sup>)。资源和需求的多样性预示着个人之间存在一定程度的不平等,但重要的是,这些交通不平等应该控制在最低限度,并为决策者所理解。

交通不平等会伤害社会。缺乏可及性,会使某些群体被边缘化,使人们无法实现个人或群体的最高潜力。交通系统有可能会加深社会不平等。可及性方面存在的的社会不平等现象主要体现在收入、民族、性别及年龄上,以及城市地区与农村地区之间。缺乏教育或就业通道,会阻碍人力资本及劳动力市场参与,从而影响经济的发展(Mackie,Laird 和 Johnson,2012<sup>[21]</sup>)。如果缺乏获得定期护理和健康生活方式的机会,平均期望寿命就会下降,医疗保健费用会增加(Porter,2013<sup>[22]</sup>;WHO,2011<sup>[23]</sup>)。此外,那些因为负担不起而“较少出行”的人,确是“承担出行后果”的人(Banister,2018<sup>[20]</sup>;可持续发展委员会,2011<sup>[24]</sup>),他们承担了那些拥有更多财富的人出行所产生的外部影响,这些外部影响包括社区被汽车道及其他基础设施所切断(Anciaes 等,2016<sup>[25]</sup>)、产生的噪音及空气污染(Rock,Ahern 和 Caulfield,2014<sup>[26]</sup>)、更高的交通事故发生率以及因为被迫拥有汽车而导致的较高的家庭交通出行开支等(可持续发展委员会,2011<sup>[24]</sup>)。

## 1.3 交通 CO<sub>2</sub> 排放:排量巨大且正在不断增加

交通运输缩小了我们的距离。不管是人们的出行,还是货物的运输,都比以往更远、更频繁(Banister,2019<sup>[27]</sup>)。在较富裕国家,人们平均每天出行的距离是 60 年前的 5 倍(Banister,2018<sup>[20]</sup>)。交通服务可用性及可负担性的提高大大增强了我们的流动性,但对社会和环境造成的影响也随之增加。随着交通需求的增长,交通产生的排放以及交通成本在社会上的不平等分配问题也日益严重,尤其是长途运输。

不断增长的出行和货运需求使得交通脱碳成为一项挑战。出行量的增加早就抵消了过去几十年来车辆和燃料技术改进所带来的积极成果。交通运输是最大的能源终端使用领域,2018 年直接能源消耗达到 121 艾焦耳(EJ,IEA = 10 万亿焦耳),与工业部门共同消耗能源达到 119EJ(IEA,2020<sup>[28]</sup>)。2018 年交通车辆使用的最终能源产生的排放量占到燃料燃烧产生的 CO<sub>2</sub> 直接排放量的 25%(IEA,2020<sup>[1]</sup>)。

交通领域对石油的依赖度比其他任何终端使用领域都更大,石油产品占交通最终能源总消耗的 92% (IEA,2020<sup>[28]</sup>)。对能源的高需求以及大量碳密集型燃料的使用使得交通运输成为气候变化的主要原因——甚至还没算上与交通运输相关的任何其他排放,比如燃料生产、汽车制造以及基础设施建设等过程中产生的排放。

过去 30 年来,交通领域的 CO<sub>2</sub> 排放一直在逐步增加,只在 2008 年经济危机期间有短暂的下跌(图 1-2)。2020 年与新冠肺炎疫情相关的停工也导致 CO<sub>2</sub> 排放有所下降,根据 ITF 模型进行的估算,整个交通领域 CO<sub>2</sub> 排放的降幅达到 15%。但随着限制措施的解除以及经济的恢复,排放量很可能会反弹。2019 年,也就是新冠肺炎疫情大流行的前一年,全球运输排放的增幅是 0.5%;低于 2000 年以来录得的 1.9% 的复合年增长率。但这个数字仍然说明运输排放正在不断增加,因此引发的担忧也在不断增加(IEA,2020<sup>[29]</sup>)。如果不尽快阻止并扭转交通领域的排放趋势,那么总体的排放目标会越来越难以实现。

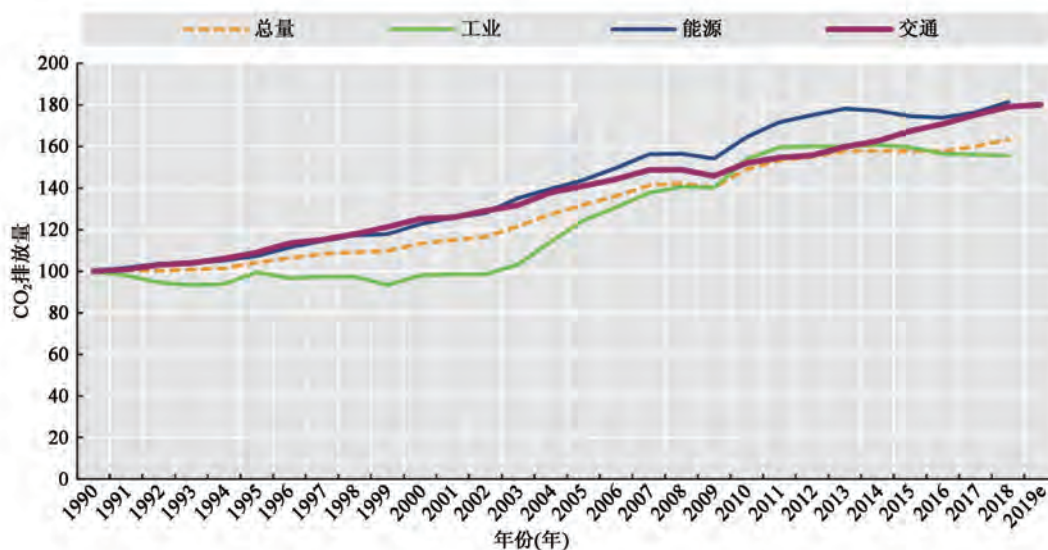


图 1-2 全球终端使用领域燃料产生的 CO<sub>2</sub> 排放

注:2019 年的数据是估算值。能源包括“电力及热量生产源”以及“其他能源产业”。

以 1990 年为基础,其碳排放量我 100。

数据记录来自 [https://iea.blob.core.windows.net/assets/474cf91a-636b-4fde-b416-56064e0c7042/WorldCO2\\_Documentation.pdf](https://iea.blob.core.windows.net/assets/474cf91a-636b-4fde-b416-56064e0c7042/WorldCO2_Documentation.pdf)。

资料来源:1990—2018 年的数据来自 IEA (2020<sup>[1]</sup>), *CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion*, <https://www.iea.org/subscribe-to-data-services/co2-emissions-statistics>。2019 年的交通排放数据来自 IEA (2020<sup>[29]</sup>), *Tracking Clean Energy Progress: Transport*, <https://www.iea.org/reports/tracking-transport-2020>。

动态链接: StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934238261>。

各国目前的脱碳承诺并不足以实现气候目标。即便《巴黎协定》的签署国完成了各自初始 NDCs 中的所有目标,全球气温上升仍将远超过 1.5℃ 甚至是 2℃ 这个分水岭(WRI,2020<sup>[9]</sup>)。许多国家的 NDCs 都列明了针对交通运输的 CO<sub>2</sub> 排放雄心,但几乎都没有提出明确的措施。81% 的 NDCs 都认可交通运输领域非常重要,但只有 10% 明确提出了针对交通领域的减排目标(ITF,2018<sup>[30]</sup>)。即便将截至 2018 年已经公布的所有与交通运输相关的 NDCs 全部落实,可能距离将全球气温较工业化前水平相比上升幅度控制在 2℃ 所要求的 2030 交通减排目标仍有一段差距,且发生这种情况的可能性很高。为了实现气候目标,与交通运输相关的 NDCs 可能需要承诺到 2030 年之前额外再减少 6 亿吨 CO<sub>2</sub> 排放(ITF,2018<sup>[30]</sup>)。

采取果断坚决的政策行动可以推动交通转型。如果可以落实相应的政策来管理交通需求、将可持续模式作为优先任务、改进车辆及燃料技术并优化操作,那么就有可能实现将全球气温增幅控制在 1.5℃ 这个更具雄心的目标。考虑到交通运输在气候变化中的影响,交通部门必须积极参与确定国家减排

承诺,起草 NDCs 修订版并制定清晰的路线图以实现这些目标。

需要多方利益相关群体进行对话和合作,将计划转化为行动。本交通运输展望是对局势的分析,也是行动的号角。本报告指出了政策轨道应该如何进行改变以及应该采取哪些措施来延缓并扭转交通领域对 CO<sub>2</sub> 排放的影响。但是,这还只是一个起点。政府、工业部门以及科研领域之间更广泛的支持、对话和合作对于确定脱碳障碍以及不同行为方的角色和责任至关重要。此外,还需要更加详细的分析、联合计划以及监测,让集体行动成为现实。

## 1.4 同时应对排放和不平等

同时解决不平等及气候变化问题是全球刻不容缓的议题。实现这个目标,需要在高效的交通政策支持下,建设一个更加绿色更加包容的交通系统。交通运输影响着每一个人,让人们可以跨越不同的政治和地域边界联系在一起。正因如此,决策者想要在交通领域作出改变也尤其困难。交通领域有效的气候及平等政策必须在政治上可行、为社会所接受并且值得信任。具体来说,这样的交通政策必须符合 3 个标准:确保政策协调一致、代重点从流动性转向可达性、协作以取得等快进展。

### 1.4.1 确保政策协调一致

当气候变化和不平等更广泛的议题越来越严峻时,交通政策既有可能成为积极变化的助推器,也有可能成为冲突的导火索。如果人们认为推动建设可持续交通而提出的措施是“公正的”,且不会对普通人造成不必要的负担,那这些措施自然会赢得民众的支持;如果人们认为交通政策会减少他们可负担的使用机会,会加剧经济不平等现象,就有可能造成社会及政治紧张(Thorwaldsson, 2019<sup>[15]</sup>)。

政策调整对于未来几年优先资金提供至关重要。复苏计划应该同时实现经济、环境以及社会目标,而不是分先后顺序或者单独解决,尤其是考虑到公共财政紧张,且对 GDP 增长的过分关注会产生经济和环境成本(Buckle 等, 2020<sup>[31]</sup>)。脱碳的财政开支可能看起来很高,但这些投资能够创造新的工作岗位、降低医疗开支、保护生物多样性(CCC, 2019<sup>[32]</sup>; Banister, 2019<sup>[27]</sup>)。Fulton 等(2017<sup>[33]</sup>)已经证明,将对公共交通的投资置于汽车出行之上,由此节省的费用很可能超过成本开支。对脱碳和数字化技术进行的投资可以降低成本,并产生净长期利益,而且很适合驱动新冠肺炎疫情后的经济复苏(ETC, 2020<sup>[34]</sup>; Varro, 2020<sup>[35]</sup>)。这样一种统一、协调、综合的方式也有助于实现联合国可持续发展目标(SDGs)这样更广泛的日程。交通运输属于重叠影响因素,与 17 个 SDGs 中的大多数目标都有直接或间接的联系(图 1-3)。

### 1.4.2 将重点从流动性转向可达性

交通活动必须从经济增长中解绑。客运和货运的发展以往都一直与 GDP 增长保持步调一致。以前的目标是用更快、更便利、更便宜的交通完成距离更远的出行。以往运输部门的智慧在于预测未来需求,然后通过提供基础设施满足这个预测。由于以化石为燃料的交通不可否认地会产生环境成本,因此将交通服务从经济增长的概念中脱离,对于遏制气候变化、维持经济强劲至关重要(Gray 等, 2006<sup>[36]</sup>; Banister 和 Stead, 2002<sup>[37]</sup>; OECD, 2019<sup>[38]</sup>; Schleicher-Tappeser, Hey 和 Steen, 1998<sup>[39]</sup>)。

#### 案例框 1.1 性别、交通以及可持续发展目标

国际交通论坛(ITF)针对交通运输中的性别问题而开展的工作不仅是为了让女性受益,而是要让所有交通用户都受益。通过与公共及私营伙伴、国际组织及学术界的合作,ITF 实现了基于实证的政策改良,有助于若干联合国可持续发展目标(SDGs)的实现。

提升交通系统的可持续性和平等性还包括增加交通劳动力的多样性和改善工作质量(Ibarra 等,

2019<sup>[40]</sup>)。ITF 的一篇论文《交通劳动力中的性别维度》指出,2018 年交通领域的劳动力中女性仅占 17%,因此,需要更多的政策措施来教育、培训、雇佣并留住女性劳动力,此外,还需要改善现有的劳动法以缩小性别差距(Ng 和 Acker,2020<sup>[41]</sup>)。

提高交通工作力中的女性参与度所带来的经济效益大于提高同等程度的男性劳动力,因为性别多样本身会通过融入新的技术、不同的风险偏好以及应对激励的不同反应,产生积极效益(Ostry 等,2018<sup>[42]</sup>)。研究还表明,女性会挑战占主导地位男性规范,并作出更具可持续性的决定(Kronsell, Smidfelt Rosqvist 和 Winslott Hiselius,2016<sup>[43]</sup>)。改善交通行业劳动力的性别平等有助于推进 SDG5 性别平等以及 SDG8 体面工作和经济增长这两个目标的实现。在男性占主导地位的海洋运输领域,更加多样化的劳动力将最终影响 SDG14 水下生命这个目标的实现。

交通行业劳动力的性别平等还有助于改善交通服务的规划和设计。正如 ITF 论文《理解城市中不同性别的出行行为,制定高效且平等的交通政策》所强调的(Ng 和 Acker,2018<sup>[44]</sup>),女性和男性在出行模式和行为上存在很大差异。在出版物《女性的安全与保障,公共交通的优先事项》中,许多作者指出,公共交通缺乏安全性是阻碍女生选择公共交通的主要因素(ITF,2018<sup>[45]</sup>)。现在的交通服务和政策都是以男性出行模式为基础,更具包容性的规划将提高所有用户群体的交通服务可及性。这有助于 SDG3 良好健康及福祉这个目标的实现,同时通过增加公共交通的吸引力,为实现 SDG11 可持续城市和社区以及 SDG13 气候行动提供支持。

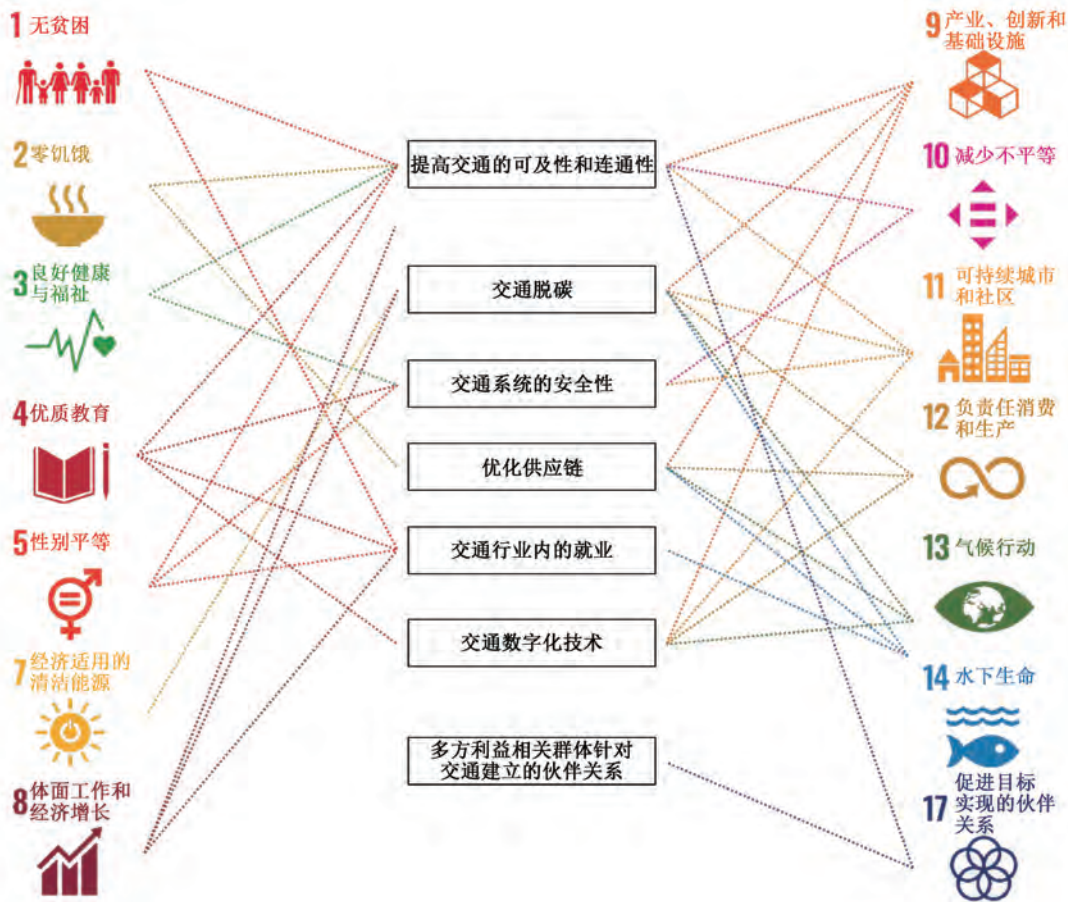


图 1-3 交通运输与联合国可持续发展目标的相关性

注:本出版物的内容还未获得联合国的许可,不代表联合国或其官员或其成员国的意见。

资料来源:https://www.un.org/sustainabledevelopment/。

人们的出行更多、更远(较高的流动性)并不代表可及性的提升。实际上,较高的流动性可能意味着交通选项比较糟糕,说明必须要通过较多的行程和较长的旅途才能到达必要的目的地(OECD, 2019<sup>[38]</sup>)。服务于民众需求的交通规划,会考虑民众想要抵达的目的地以及交通服务如何才能将出发地和目的地很好地连接起来。许多政策将重点从流动性转移到了可及性,只有这样才能让交通运输系统实现从减缓气候变化到推动可持续发展和改善人民福祉等一系列综合目标(ITF, 2019<sup>[19]</sup>)。可参考案例框 1.2,进一步了解 OECD 如何通过交通部门之外的福祉视角来实现《巴黎协定》的目标。

一些人出行速度的提升需要其他人来承担代价。如果道路设计和土地使用模式倾向于流动性而非可及性,那么就也许意味着开发密度较低,通过高速公路来实现更快的出行速度。可及性设计包括较高密度的开发、建设带多个路口和连接的道路、通过增加备选出行模式提高可及性(Litman, 2003<sup>[46]</sup>)。只注重提升速度和减少拥堵的交通网络,是以牺牲安全为代价的,因为安全与较低的速度相关联(ITF, 2020<sup>[47]</sup>)。此外,这样的交通网络还助长了人们对汽车的依赖,并且因为限制了主动出行而影响到人们的健康(Le, Buehler 和 Hankey, 2018<sup>[48]</sup>)。更重要的是,这样的交通网络意味着无车族的个人需求被放在了次要地位。如果交通系统的重点在于节省出行时间,则往往是让那些已经出行最多的群体受益,不开车的人、老人、低收入家庭或者行动受到限制的群体从中受益的可能性比较小(Lucas, Tyler 和 Christodoulou, 2009<sup>[49]</sup>)。

必须将偏向流动性的交通系统产生的外部影响内在化,了解出行增多产生的真正成本和影响。实际上,除了对社会和健康产生的影响,增加的出行车辆公里数(增加的交通和流动性)还可能与生产率的经济指标呈负相关(Litman, 2014<sup>[50]</sup>)。当交通成为实现某种目标的一种手段时,就没有理由在未来继续以流动性为重点来设计交通系统。

关注可及性,可以提升人民福祉,同时还可以用更具可持续性的方式满足出行需求。相反,以流动性为重点的交通战略主要是为交通增长而服务(Litman, 2003<sup>[46]</sup>; OECD, 2019<sup>[38]</sup>)。随着交通活动增加,减缓气候变化变得越来越具挑战性。但其实在交通活动减少的情况下,也能支持经济发展,确保公民获得交通服务。本报告的情景结果显示,一套平衡的减少气候影响的措施也能提升交通可及性,降低交通需求的增长,并大幅减少交通领域的 CO<sub>2</sub> 排放。

### 案例框 1.2 OECD 从福祉角度出发采取的气候行动

这一方法主张将福祉(包括气候)结果系统地纳入决策制定的过程中。它呼吁重新评估当前的政策重点,并重新制定用于监测进展和设定决策标准的衡量指标。该方法认为,这样有助于改进政策方法,从而引发系统性变革,而不仅仅只是提高能源效率和降低现有消费、生产和服务提供模式的碳强度。从经济的整体层面来看,这首先要走向“超越 GDP”这样一个概念,认识到 GDP 的增长可能与福祉的提升有关联,也可能并无关联,而且 GDP 的增长不能恰当反映环境受到的破坏。该方法论与 OECD 更广泛的目标相一致,即转向“更广泛的经济社会进步概念,更丰富的经济、社会和环境分析框架,以及更广泛的政策目标”(OECD, 2020<sup>[6]</sup>);“应对经济挑战新途径”(NAEC)倡议和“OECD 福祉框架”已经明确提出了这一方法。

应用福祉视角从新冠肺炎疫情中恢复。气候变化专家小组论文《解决新冠肺炎疫情及气候变化的经济复苏路径及其对减缓气候变化、实现 NDCs 以及更广泛的社会经济目标的影响》(Buckle 等, 2020<sup>[31]</sup>)建立了一个框架,并将各个国家和城市针对地面交通领域宣布的复苏措施分成 3 条路径:反弹、脱钩以及更广泛的福祉。这篇论文强调,与更广泛福祉路径(即一条将经济恢复、CO<sub>2</sub> 减排和福祉结果综合在一起的路径)相一致的措施包括但不限于运用更加清洁的车辆技术和燃料。因此,复苏措施也必须有助于摆脱对汽车的依赖(例如通过为电动汽车充电设施制定专项支持扩大共享交通的角色作用;进一步推进紧急封锁期间实行的对私人汽车占据的道路空间进行重新分



配;明确规避潜在的城市扩张)。论文还探讨了这些复苏计划将如何创造工作岗位以及实现其他福祉目标。

### 1.4.3 协作以取得更快的进展

交通领域的脱碳需要其他领域的协助。交通领域与其他诸多领域的相互关联要求必须通过综合的政策方式,将不同领域的政策决定者联合在一起采取共同的有针对性的行动。一个长期的重点合作领域就是综合有关交通规划和土地使用的决定。客运和货运需求很大程度上取决于人口的空间分布,而人口分布又主要是由区域规划所决定。目前,世界许多地方的交通部门和城市/地区规划部门仍然处于互相孤立的状态。

新型的私营交通服务对公共监管者提出了挑战。日新月异的变化让当局不确定该如何管理共享交通和微移动服务,以及该如何协调两者才能惠及民众,推动环保目标,坚持城市空间管理原则并确保安全。政策制定者应该与私营交通领域的“新面孔”协同合作,抓住新型交通服务带来的好处,同时降低交通成本和对外部的负面作用(ITF,2016<sup>[51]</sup>;ITF,2020<sup>[52]</sup>)。

流动性和可及性对数字科技的依赖程度与日俱增。当下,通过实时信息,人们可以知道下一辆公交车什么时候抵达,规划出最顺畅的行车路线或者预约一辆出租汽车。车辆依靠信息和通信技术(ICT)进行路线规划、自动行驶、紧急通信和车载诊断。同样通过 ICT,工作、社交以及购物等不再需要真的出行就可以完成。货运交通利用 ICT 通过资产共享、生态驾驶实时反馈以及物联网等手段优化物流。据国际能源署估计,数字化在公路货运产业中的运用可以减少 20% ~ 25% 的能源使用(IEA,2017<sup>[53]</sup>)。

没有尾气 CO<sub>2</sub> 排放的车辆也会产生间接的上游排放。碳排放不仅来自汽车发动机,电或氢等燃料的生产和运输过程中也会产生排放。另外,原料开采、汽车生产以及交通基础设施的建设、维护和运营也会产生碳排放。因此,政策制定者应该确保新的车辆技术以及交通系统可以提高整个经济的环保性。如能妥善落实技术转变,将激发不同部门之间的协同能力。例如,电动汽车可以通过管理完善的充电系统帮助电力网络整合可再生能源(McKinsey & Company,2018<sup>[54]</sup>)。电气化趋势也有助于提升国家能源消耗的多样性,从而保障能源安全。

更多的清洁车辆可能意味着税收下降。如果没有恰当的计划,车辆电气化和低碳燃料使用的增加可能会导致来自化石燃料的税收减少。一边是低碳交通所产生的可观的环境和健康利益,另一边则是计划通过化石燃料税收资助福祉项目的美好愿望,这两者之间可能会出现紧张关系。转向以距离为基础的交通定价以及提高碳税收可以解决这一挑战。但措施的落实很可能还需要利益相关方之间进行周详的对话,以及公众的有效参与。

## 1.5 构建未来交通系统:以疫情作为重启点?

未来几年交通领域将如何解决脱碳以及不平等问题主要受到以下 3 个因素的影响:新冠肺炎疫情、不断变化的公众需求。以及经济发展路线。疫情扰乱了交通业务的运行。它提出了有关公共交通未来吸引力及生命力的问题,改变了民众的出行模式,并更加清楚地揭示了交通运输是如何加深社会不平等现象的。现在,在仍处于从疫情中复苏和经济不稳定的背景下,面对世界某些地区的人口日渐城镇化且快速老龄化的规定,必须作出决定如何满足未来的需求。

新冠肺炎疫情对交通部门以及整个社会都提出了前所未有的挑战。疫情迫使我们重新调整生活,审视我们的工作、生活及出行。疫情下城市停摆,跨国出行中断,供应链紧张,物流运作不得不直接转向以保持货物流通为主。图 1-4 反映了新冠肺炎疫情时苹果设备用户出行方式选的影响。尽管样本比较片面,只描述了使用苹果设备的个人习惯,而这些人通常比较富裕,但从图中仍然能够看出每一波疫情

对出行量的强大影响以及对不同出行模式的相对影响。疫情还加剧了经济和社会不平等,而交通在这其中也发挥了作用。经济损失、下滑的健康态势以及减少的交通渠道,对弱势群体的影响尤为明显(WRI,2020<sup>[55]</sup>)。

2020年1月—2021年2月,2020年1月13=100,7天的平均移动量

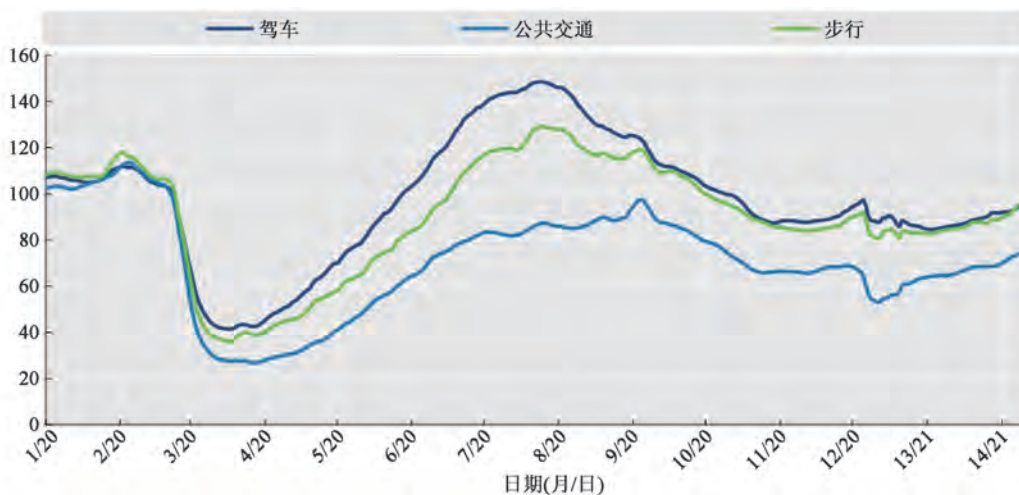


图 1-4 新冠肺炎疫情对苹果设备用户出行的影响

注:图中所示为自2020年1月19日开始的7天平均出行量。2020年5月11日和12日的数据缺失,因此从全球平均量中排除。路径请求是出行需求的一种代表,不包括最习惯的出行。这些数据反映了在使用苹果设备和苹果路径服务的人群中的出行量收缩。样本比较片面,因此上图只是一个说明性例证,并不代表全球人口。

资料来源:Source: Global averages computed based on Apple (2021<sup>[56]</sup>), *Apple Mobility Trends*, <https://covid19.apple.com/mobility>. StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934238280>

随着世界步入复苏阶段,我们有机会作出一些改变。如果我们明智地推出运输政策,将有助于经济复苏,同时推动地球迈向更高水平的环境可持续和社会公平。复苏期间有关支出和投资的政策选择将决定世界减缓气候变化和实现可持续发展目标的能力。

疫情期间的失业对无法在家办公的领域打击最大。餐饮服务、零售、娱乐以及旅游行业,非正式部门以及零工经济的就业受到的影响尤为严重。这些行业中,女性占比较大,因此受到的冲击比较强烈。全球范围内,58%的受雇女性属于非正式雇佣,在疫情的最初一个月,非正式工人平均损失了60%的收入(联合国妇女署,2020<sup>[57]</sup>)。在住房不足、过度拥挤的城镇地区,移民、低薪工人、少数民族以及低收入社区,病毒的社区传播率要高得多(OECD,2020<sup>[58]</sup>)。

公共交通服务削减,导致基要服务工作人员的交通渠道受到限制。美国1/3的基要工作人员都使用公共交通,其中三分之二属于少数民族(TransitCenter,2020<sup>[59]</sup>)。在发展中国家,较贫困的社区主要依赖辅助客运服务,但疫情期间这些服务因为缺少用户而关闭了,导致社区的连通被切断,人们不得不步行或骑车去很远的地方(IGC,2020<sup>[60]</sup>)。

尽管困难重重,但交通部门仍然启动了诸多倡议,通过其他方式支持抗击新冠肺炎疫情。铁路、公共交通、单车共享机制、出租车以及叫车服务向卫生工作者提供免费或优惠的乘车服务。基于应用程序的交通服务协助政府传播健康信息,并向政府提供交通数据和分析。汽车及航空企业将资源转向呼吸机的开发,物流公司则是帮助卫生机构设立COVID-19病毒检测中心(ITF,2020<sup>[61]</sup>)。

公共交通运营商调整运营模式,在危机期间依然维持服务。许多城市的公交和火车维持运行,但下调了最大客容量以便保持物理距离。运营商迅速在车内安装了塑料屏障,确保公交驾驶员和其他运输人员的隔离与保护;暂停上车买票和前门上车,减少驾驶员的暴露风险;提供地板标记和其他形式的指示来指明距离要求(McArthur和Smeds,2020<sup>[62]</sup>;UITP,2020<sup>[63]</sup>)。

交通行业的工作人员处于疫情第一线。疫情期间,交通部门的职员为医护及医院工作人员以及其他重要部门的工作人员提供服务,不顾自身面临的巨大健康风险。交通行业工作人员与病毒相关的死

亡率已经公布 (ILO, 2020<sup>[64]</sup>), 一些城市的数据显示, 病毒对少数群体的影响比较大。在伦敦, 截至 2020 年 8 月, 44 名因新冠肺炎而死亡的交通工作人员中有 36 人是非白人 (TfL, 2020<sup>[65]</sup>)。

新冠肺炎对交通部门不同领域产生的影响也不同。下文总结了疫情的主要影响, 特别是对城市客运、非城市客运及货运的影响, 本书第 3 ~ 5 章还会对它们进行更加全面的讨论。新冠肺炎疫情后焦勇领域脱碳可能面临的机遇和挑战表 1-1。

新冠肺炎疫情后交通脱碳可能面临的机遇和挑战

表 1-1

	脱碳潜在的机遇	脱碳潜在的挑战
短期影响	城市客运	
	(1) 更高层次的远程办公, 减少通勤出行; (2) 主动出行和微出行增加; (3) 迅速为主动出行部署车道/重新分配道路空间; (4) 汽车使用减少, 拥堵和污染有所缓解	出于健康担忧, 公共交通和共享交通客运量下降, 转而选择使用汽车出行
	非城市客运	
	(1) 远程办公增多, 商务出行减少; (2) 由于老旧且燃料效率较低的飞机提前退休, 燃料效率有所提高; (3) 航空出行减少; (4) 出于健康担忧, 本地旅游增多	出于健康担忧, 私家车的使用增加, 导致更加清洁的“共享”交通模式(公交铁路)的使用量减少
长期/结构性变化	货运	
	(1) 运输需求和运输活动整体下降; (2) 化石燃料的消耗和运输减少; (3) 更加迅速地部署自动化和数字化解决方案(例如在港口码头或边境口岸); (4) 碳密度较小的交通模式(铁路和内陆水道)韧性更强	(1) 电子商务和送货上门业务增加; (2) 企业延迟车队更新以及其他投资, 包括对清洁技术的投资
	城市客运	
	(1) 远程办公增加, 减少通勤出行, 增加本地出行; (2) 对本地出行及土地使用的关注, 可能推动土地使用政策提升社区中心的密度; (3) 部署永久性主动出行基础设施, 重新分配道路空间; (4) 公共交通融资系统向更可持续的模式转变	(1) 出于健康担忧, 私家车的使用增加; (2) 由于习惯变化或出于卫生担忧, 公共交通客运量下降; (3) 私营部门和公共部门缺乏研究可持续燃料的资金; (4) 公共交通缺乏资金; (5) 一些刺激计划助长维持现状; (6) 人们因为可以远程办公而迁出城市, 导致管理不善的城市蔓延
长期/结构性变化	非城市客运	
	(1) 商业模式发生变化, 商务出行减少; (2) 由于出行习惯发生变化, 本地旅游增加	由于人们的选择倾向发生变化, 私家车的使用增加, 公交和铁路的使用量减少
	货运	
长期/结构性变化	(1) 由于经济活动延缓, 货运增长速度也放缓; (2) 燃料运输产生的化石燃料需求和能源消耗下降速度更快; (3) 更加关注运输系统的韧性, 而不是只关注效率, 从“准时制”转向“以防万一”模式; 有助于货物整合, 提高平均负载量, 实现多模式联运; (4) 更快地部署数字技术和自动化, 提高效率; (5) 一个更适合物流合作和资产共享的环境; (6) 更高的市场集中度可以加快更加环保的技术和操作的应用; (7) 贸易区域化可以缩短供应链, 减少运输活动, 即便总量保持不变	(1) 化石燃料成本较低, 降低了清洁技术的商业吸引力; 新技术往往初始成本较高, 但总拥有成本(TOCs)较低, 最主要是因为燃料开支和消耗较低; 新绿色技术, 燃料成本较低, 但达到商业盈亏平衡所需的时间较长; (2) 电子商务以及送货上门业务的迅猛发展, 加剧了交通拥堵和排放, 影响了货物整合和平均负载量

续上表

	脱碳潜在的机遇	脱碳潜在的挑战
	所有领域	
长期/结构性变化	(1) 在政策信号和刺激计划推出的投资激励的作用下,加快了向清洁技术的过渡进程; (2) 为推动更加绿色的技术和操作,表现出的政治意愿更强,机会也更多	(1) 由于缺少私营部门和公共部门的投资,清洁技术的推广比较迟缓(例如,车队的更新和新基础设施的应用都比较慢); (2) 一些刺激计划助长维持现状

注:短期影响主要基于疫情期间观察到的可能伤害或阻碍脱碳事业的交通行为变化。大多数长期的结构性机遇主要依赖设计完善的复苏政策,而长期性的挑战会对未来的脱碳造成更多的限制。

疫情改变了城市交通,主要是因为限制措施以及创纪录的居家工作人数。美国居家办公的人数大约占到劳动力的48%,欧盟则是42%(Sostero等,2020<sup>[66]</sup>;Bloom,2020<sup>[67]</sup>)。但是,这主要适用于薪酬较高的知识领域的工作岗位。疫情期间,由于用户数量急剧下跌,服务频率减少,部分路线暂停以及需要适应社会距离规则和卫生要求,公共交通和共享交通面临着有史以来最严峻的挑战。随着公共机构快速启动了鼓励并促进防疫应对的临时措施,世界各地的城镇居民转向了步行、自行车和微出行等交通模式。

疫情后的复苏提供了一个独特的机会,鼓励更加主动的出行,这也是经济复苏计划的一部分,即快速启动更加清洁的私人、共享及公共交通工具的部署。面向未来,土地使用规划和以交通为导向的发展必须发挥更加重要的作用,确保实现可持续的城市模式,而不管将来的住房选择可能会因为持续的远程办公产生怎样的变化。如果远程办公比例继续维持在较高值,则可能会引发城市的去中心化。这样的去中心化并不一定会导致更多的出行或者更高的排放。以社区为中心的发展,改变了公共交通网络辐射状、高峰时段服务的传统模式,再加上智能解决方案,可以帮助城市走向更加平等和可持续的未来。新的交通形式可以有效融入这个公共交通系统,补充并完善多种模式的城市交通服务。本书第3章将对这些机遇展开更加具体的讨论。

疫情期间非城市客运巨幅下跌,尤其是长途客运,受到的打击尤为严重。由于严格的国际旅行限制以及边境的关闭,与2019年4月相比,2020年4月全球航空出行量下降了94%(IATA,2020<sup>[68]</sup>)。旅游业和商务出行受到严重影响和压制。地区及城际公交和铁路活动也大幅下跌,尤其是对公交运营商造成的经济损失,可能会对社会公平产生巨大的消极影响,因为公交是最经济的长途交通选项。一系列支持措施对于帮助长途交通行业复苏至关重要。支持措施必须经过深思熟虑,推动向更可持续的非城市客运过渡,而不是简单的恢复营业。经济刺激还为投资研究、开发及部署更清洁的飞机、道路车辆和燃料提供了机会。本书第4章将详细探讨非城市客运。

疫情突显了货运的重要性。相较于客运,货运需求的下降要温和许多。有些地区的送货上门业务和电子商务在疫情期间有所增长。例如,英国的货运需求上升了50%(英国国家统计局,2020<sup>[69]</sup>)。在边境关闭的背景下,对可靠供应链的需求迫使交通部门迅速进行调整,保持重要商品的流通。正常运作的供应链常常被视为理所当然,而这其中的复杂性却被大多数消费者忽视了。这种情况在疫情期间发生了改变;那些维持重要设备运行、保持重要商品流通的工人和企业突然之间吸引了公众的注意。

这种关注度提升可以提高货运的公共优先度,从而加快向更清洁的货物运输过渡。货运脱碳方面,比较容易取得的成果包括结束燃料补贴并鼓励使用替代燃料或者尽快部署数字化及自动化技术;放宽准时制模式可以更好地整合负载,增加负载率;减缓速度可以更好地支持多模式交通方案,建立一条碳密集度较小的供应链。本书第5章将深入分析这些概念。

疫情到底将如何改变人们的出行方式和货物的运输,这一点仍然不确定。但已经清楚的一点是,随着行为方式的改变、商业模式的改变以及政府的介入,新冠肺炎疫情将对我们的交通系统产生长期影响。这些因素能在多大程度上带来积极的经济、环境以及社会成果,很大程度上取决于政府落实政策的决心,而这些政策设定了正确的优先事项和正确的激励措施。致力于重振经济并加强交通网络韧性的

政策,如果设计和落实得当,还能同时解决环境挑战以及社会不平等问题(Buckle等,2020<sup>[31]</sup>)。

正确的政策可以巩固疫情期间取得的迈向可持续交通的进步。城市中已经出现了转向主动出行和微出行的现象,如果能够为这些出行模式的安全使用分配空间,就可以让这些转变成为永久。远程办公的增加可以减少通勤出行,电话会议可以限制商务出行的需求。加强这些趋势有助于可持续目标的实现。同时,公共交通使用减少和电子商务兴起等反作用趋势可能会阻碍这些进步,因此应该加以控制。

一些经济刺激计划通过对交通领域进行投资来应对气候变化。欧洲各国政府已经批准了一项刺激方案,将近1/3的预算用于气候行动,这是迄今为止最大的一笔拨款,其中包括投资刺激低排放及零排放的汽车市场以及开发能源资源(Krukowska和Lombrana,2020<sup>[70]</sup>)。“下一代欧盟”复苏战略,与2019年公布的《欧洲绿色新政》一致,呼吁部署更清洁、更经济的公共交通。韩国计划借助复苏工具增加国内的绿色交通车辆(OECD,2020<sup>[71]</sup>)。中国将对电动汽车充电桩进行投资并支持建设新的可再生能源工厂(Krukowska和Lombrana,2020<sup>[70]</sup>)。韩国、日本和中国都承诺到2050年之前实现碳中和(Carbon Brief,2020<sup>[72]</sup>)。《东盟全面复苏框架》强调必须迈向更具可持续性和韧性的未来,包括加强交通互联互通(ASEAN,2020<sup>[73]</sup>)。

但是,大多数刺激性资助对气候并没有帮助。相反,大多数刺激计划反而会强化现有的对环境有害的趋势(Vivid Economics,2020<sup>[74]</sup>)。截至2020年12月,G20国家已经承诺提供12.7万亿美元用于疫情后的经济刺激。然而,大多数资金都用于支持排放量最高的行业中以化石燃料为基础的活动,包括农业、工业、废弃物、能源和交通(Vivid Economics,2020<sup>[74]</sup>)。一些政府利用复苏计划撤销环保法规和征税,并对化石燃料密集的能源和基础设施项目进行投资(OECD,2020<sup>[75]</sup>)。

为了实现公平的复苏,各国政府必须看向经济增长之外。至20世纪80年代,GDP增长一直都推动着生活水平的提高,但自此之后,GDP的增长就不再与福祉和公平性的提升相关联(OECD,2020<sup>[6]</sup>)。交通部门必须在支持经济发展和创造工作岗位方面发挥自己的作用,而且还负有责任要确保繁荣、工作机遇和工作质量的共享能够改善生活,而不是加深不平等(Ibarra等,2019<sup>[40]</sup>)。公共财政和政府支持对于疫情危机后交通行业的财政可持续性非常重要,并且这种情况将持续一段时间。特别是它将决定交通部门向可持续及公平交通过渡的能力。因此,政府必须完善经济复苏计划,实现这样的未来。

## 1.6 人的维度:出行需求的多样性

人类定居点的形态及其产生的交通需求模式对制定可持续交通政策而言,是非常关键的因素。人口预测显示,未来城市化仍将继续,但不是在所有地区统一发生。城市人口发展的特殊性将对交通服务的提供产生重要影响,无论人口的增长是增加了城市的密度还是造成了城市的扩张。

人口增长和城市化将影响交通规划和投资。全球人口持续增长,将影响未来30年的交通政策和投资。全球人口数量在2019年是77亿,预计到2050年之前将达到97亿(联合国经济和社会事务部,2019<sup>[76]</sup>)。目前,全球将近44亿人口生活在城市地区(图1-5),2018年大约有34亿人生活在农村地区(联合国经济和社会事务部,2019<sup>[77]</sup>)。到2050年,城市人口数量预计将达到约67亿,占世界人口数量的68%。另一方面,预计农村人口数量在2050年之前将达到峰值并略微下降至31亿(联合国经济和社会事务部,2019<sup>[77]</sup>)。

不断增长的人口数量将给政策制定者带来压力,因此必须以可持续的方式满足不断增长的出行需求。城市需要将交通政策和发展规划相结合,确保城市交通模式可持续,且导航便利。撒哈拉沙漠以南的非洲将是未来30年城市人口增长率最高的地区,城市人口将增加2.7倍(图1-5)。到2050年,撒哈拉沙漠以南的非洲城市的人口数量占世界城市人口的比例,将从2020年的11%上升到20%。中东和北非国家的城市人口数据增长率位居第二,城市人口数据将增加60%。亚洲紧随其后,与2020年相比,到2050年,城市人口数据将增加近50%。

至于人口数据增加不明显的地区,措施应侧重于鼓励并支持居民和游客选择更可持续的出行模式。

一些地方的城市人口数据预计将减少。这些城市的政府需要做好规划,以应对城市人口数据减少对融资能力产生的影响(OECD/欧盟委员会,2020<sup>[78]</sup>)。像欧洲经济区(EEA)这些地区,包括土耳其以及前苏联的转型经济体,未来30年内人口数据增长幅度较小,人口数据增长率低于上次全球衰退之前以及随后的复苏期间的水平。预计到2050年,这些地区的城市人口数据将比当下高13%左右。

未来城市的形态对于交通的可持续性至关重要。世界各地的城市地区并不是同一发展的。1975—2015年间,增加的城市人口中一半以上来自人口密度不断上升的城市(OECD/欧盟委员会,2020<sup>[78]</sup>)。其他城市也在不断扩张。在2000—2015年间人口数量不断增长的城市中,大多数城市的人口数量增长在通勤带比较快,说明城市中出现了去中心化的趋势(OECD/欧盟委员会,2020<sup>[78]</sup>)。城市扩张和去中心化都会影响城市所需的交通基础设施的类型和位置以及建设这些交通设施所需的投资规模。例如,可持续交通系统的支柱通常都是公共交通,但公共交通在高密度地区成本效益更高。截至2015年,基础设施和服务的覆盖率还未达标的城市主要位于低收入或中低收入国家(OECD/欧盟委员会,2020<sup>[78]</sup>)。

新冠肺炎疫情可能影响城市化趋势。有迹象显示,在疫情影响下,人们更愿意迁出城市,去到空间更大的地方(Haag,2020<sup>[79]</sup>;汤森路透基金会,2020<sup>[80]</sup>;穆迪分析,2020<sup>[81]</sup>;OECD,2020<sup>[82]</sup>)。但是目前仍不确定这是否会成为一种稳定的趋势。这在很大程度上取决于疫情持续的时间以及远程办公等行为在限制取消后流行的程度。例如,鉴于疫情期间发生的变化,爱尔兰政府在2021年1月发布了《国家远程工作战略》(企业、贸易和就业部,爱尔兰,2020<sup>[83]</sup>;爱尔兰政府,2021<sup>[84]</sup>)。

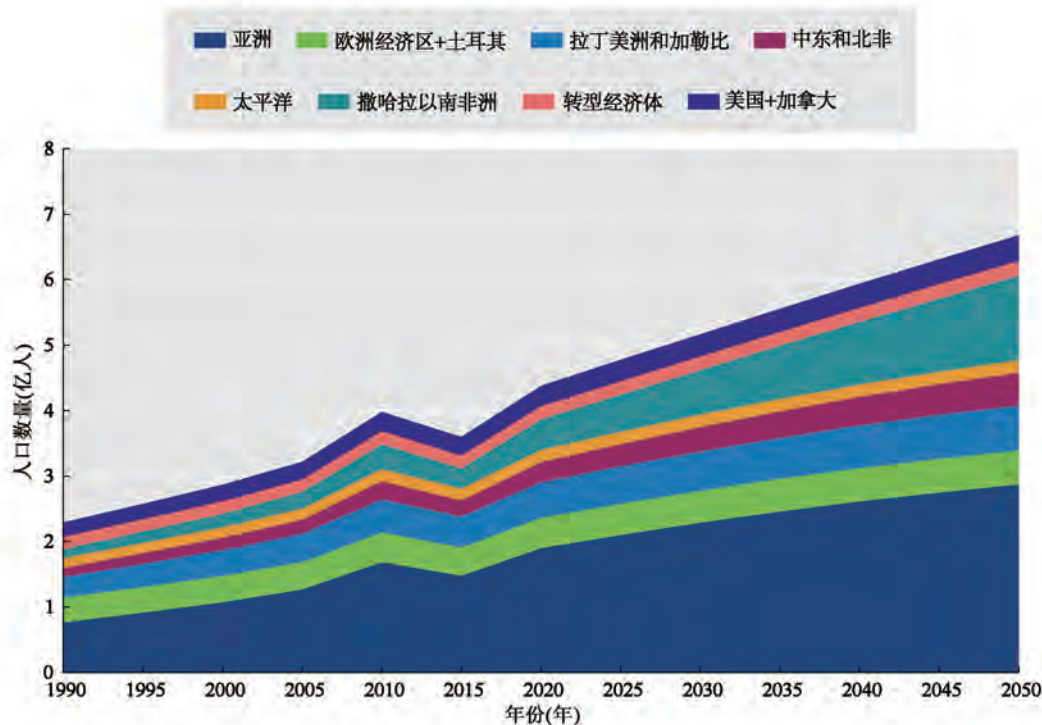


图 1-5 世界各地的城市人口

资料来源:数据来源于联合国(2018<sup>[85]</sup>), *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision*, <https://population.un.org/wup/>  
StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934238299>。

城市人口复合年增长率

表 1-2

区域	项 目		
	2020—2050 年复合年增长率(%)	2020—2030 年复合年增长率(%)	2030—2050 年复合年增长率(%)
亚洲	1.39	1.25	1.14
欧洲经济区 + 土耳其	0.39	0.32	0.35

续上表

区域	项 目		
	2020—2050 年复合年增长率 (%)	2020—2030 年复合年增长率 (%)	2030—2050 年复合年增长率 (%)
拉丁美洲和加勒比地区	0.80	0.72	0.66
中东和北非	1.64	1.25	1.51
经合组织太平洋	0.02	0.06	-0.03
撒哈拉以南非洲	3.43	2.52	3.24
转型经济体	0.41	0.24	0.44
美国 + 加拿大	0.80	0.63	0.72

资料来源:联合国(2018<sup>[85]</sup>), *World Urbanisation Prospects: The 2018 Revision*, <https://population.un.org/wup/>。

女性的出行模式一般比男性复杂。女性出行的目的经常不一样,在高峰段外出行,一般会选择多种交通模式(“出行链”)(ITF, 2019<sup>[86]</sup>)。尽管如此,但女性拥有汽车的概率还是比较低(Duchène, 2011<sup>[87]</sup>)。大多数地区女性的数量都超过男性,且在未来30年仍将继续这样的趋势(图1-6)。但是,实际的交通规划并不总是能反映出男女之间交通需求的差异(Duchène, 2011<sup>[87]</sup>; ITF, 2019<sup>[86]</sup>)。

没有反映出女性需求的交通政策会限制女性获得就业机会、出行服务以及其他必需品的渠道。在女性的出行类别中,占较高比例的是以家庭或照料为目的的出行(例如,与家庭相关的出行或是为了获得食材),目的地不是工作地点,时间也不固定。女性从事兼职工作的可能性也比男性高,在这种情况下,即便是女性的通勤出行,都不遵循“标准的”交通规划确定的高峰时段(Duchène, 2011<sup>[87]</sup>)。

安全可靠的交通选项对于女性的出行模式和方式选择至关重要。安全担忧经常被认为是阻碍女性选择某种交通方式的最大因素,尤其是公共交通、出租汽车、共享交通、自行车和步行。这是规划公共交通服务和基础设施过程中的重要考量因素,要确保公共交通对女性也具有吸引力和实用性(Duchène, 2011<sup>[87]</sup>; ITF, 2018<sup>[45]</sup>; ITF, 2019<sup>[88]</sup>)。

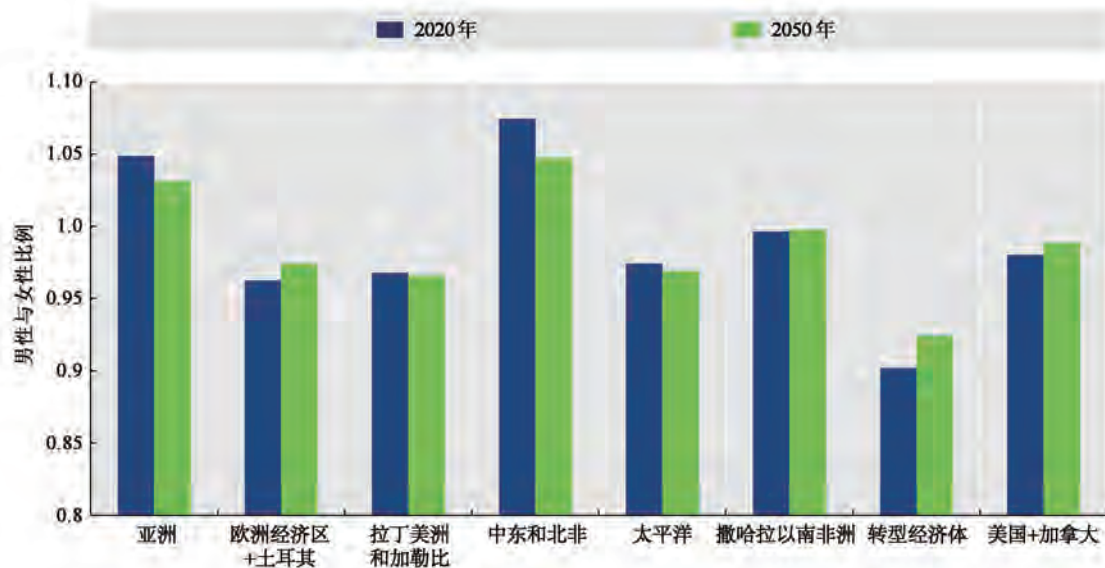


图 1-6 世界各地的性别比例

注:数据根据中位变差预测所得。

资料来源:联合国经济和社会事务部(2019<sup>[89]</sup>), *World Population Prospects 2019, Online Edition, Rev. 1*。

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934238318>

<https://population.un.org/wpp/>。

提高女性在交通劳动力中的占比有助于制定更加包容的政策,建设更加包容的交通系统,尤其是在女性担任决策制定者的情况下(Ng 和 Acker, 2020<sup>[90]</sup>)。提升交通可持续性和公平性包括增加交通劳动

力的多样性和提升交通工作的质量(Ibarra等,2019<sup>[40]</sup>)。研究表明,女性是重要的经济参与者,能够通过挑战主流的男性规范推动社会和经济转型。我们已经看到,许多女性作出的决策更具可持续性,因此,决策制定者中的性别平等对于交通部门的脱碳非常重要(Kronsell,Smidfelt Rosqvist和Winslott Hiselius,2016<sup>[43]</sup>)。提高女性在交通政策的所有阶段以及交通项目的规划、落实和使用过程中的占比和关注度,将推动交通运输更好地满足用户的需求(Fraszczyk和Piip,2019<sup>[91]</sup>)。

更好的决策需要更好的数据。与交通相关的数据,如果包括人口信息等,能够帮助交通政策决定者和规划者更好地了解社会不同群体的出行习惯差异,作出更好的规划决定。这类数据并非总是直接可用或足够细致,能够帮助了解不同人口群体的出行习惯并模拟政策可能会对他们产生的社会影响。案例框1.3讨论了ITF最近在这方面针对女性和交通进行的工作。

### 案例框 1.3 需要更好的数据以支持交通系统中的社会平等性

交通规划者需要的更好的数据。如果规划者不理解用户不同的出行需求和偏好,就无法设计出平等可持续的交通系统。每个人都需要依靠某种形式的交通去获得医疗服务、教育以及就业。如果有些群体的交通需求被忽视了,他们就会被落下,获取基本需求的渠道受到限制,对经济作出贡献的机会也会减少。

在理解交通需求多样性的过程中,年龄、性别和收入是3个关键维度。《理解不同性别的交通行为,制定高效平等的交通政策》这份ITF报告观察了出行行为中的差异,强调了这3个社会经济范畴在选择交通模式过程中的重要性,尤其性别是最有力的决定因素(Ng和Acker,2018<sup>[92]</sup>)。实际上,ITF、FIA基金会、GIZ和Mujeres en Movimiento(女性在交通网络中)倡议,国际公共交通协会(UITP)、联合国欧洲经济委员会,以及世界银行近年来在性别和交通方面的工作流都在增加。这些组织在发展中国家和发达国家发起了很多关于性别问题的倡议。在所有关于性别和交通,或者更宽泛一些,关于平等的交通系统的讨论中,有一条共同主线,就是我们缺少必要的数据来理解交通用户之间的差异,因而无法提供平等的交通服务和基础设施设计。换句话说,就是没有收集正确类型的数据。

多年来,ITF一直与成员国的国家统计局和交通部门合作,审查不同社会经济范畴的现有交通用户数据,通过审查,确定确实存在数据缺口。2020年,ITF开始按年龄、性别和就业状况收集出行调研数据。数据包括每天的平均出行次数和每次出行的平均距离,主要覆盖以下交通模式:自行车、汽车、摩托车、公交车、轻轨以及重轨,是数据至少部分覆盖了从22个ITF成员国和3个非成员国收集到的数据。出行调研数据被用于校准ITF交通展望2021的城市客运模型。

为了缩小数据差距,ITF将继续与利益攸关方讨论收集按性别分类的交通数据时合适的范围和方法,以及这些数据如何能够产生公平和可持续的交通政策。我们将继续研究新的大数据来源中的性别差异及其对交通领域的人工智能和机器学习的影响,以及解决这些问题的方案。

以可及性为导向的政策有助于鼓励老年人选择可持续交通。许多地区的老年人越来越多,政策制定者需要考虑老年交通用户的出行需求,保障他们在未来的交通可及性(OECD,2001<sup>[93]</sup>;Frye,2011<sup>[94]</sup>),可及性是支持社会互动以及降低老年人孤立风险的重要因素(Frye,2011<sup>[94]</sup>)。它也是获取医护及食物供应等基要服务所必需的元素。过去30年里,全球65岁以上人口的数量增加了一倍多,而2020—2050年,还会再翻一番。这就意味着到2050年,65岁以上的人口数量将增加8.21亿,这一年龄段的增长速度超过了任何其他群体。在某些地区,这个问题显得尤为紧迫(图1-7)。在欧洲,65岁以上群体是唯一一个预计在2025—2050年数量会增加的群体。到2050年,65岁以上人口将占到地区总人口的近1/4(联合国经济和社会事务部,2019<sup>[95]</sup>)。在经合组织太平洋国家中,65岁以上人口占到的比例将超过30%(图1-7)。另一方面,撒哈拉以南非洲地区的人口非常年轻,尽管到2050年65岁以上



人口的数量也会翻一番,但在总人口中的占比不会超过10%。

高质量、可使用且能通往老年人希望到达的目的地的公共交通非常重要(WHO,2007<sup>[96]</sup>;OECD,2017<sup>[97]</sup>)。和交通模式中的性别差异一样,传统的交通规划并不总是能够满足老年人的需求(WHO,2007<sup>[96]</sup>)。会开车的老年人大概都希望能尽可能地继续自己开车(OECD,2001<sup>[93]</sup>)。但是,大部分65岁以上的老年人会因为健康原因而影响出行能力(OECD,2001<sup>[93]</sup>;OECD,2017<sup>[97]</sup>)。如果老年人因为年纪太大而无法再开车,就应该为他们提供其他可用的备选交通模式,保障他们之后的出行和社会互动(OECD,2001<sup>[93]</sup>;Metz,2011<sup>[98]</sup>;Schwanen和Páez,2010<sup>[99]</sup>)。

可负担的交通选项对于年迈群体非常重要(WHO,2007<sup>[96]</sup>)。考虑到可以推行优惠票价等交通费用政策,公共交通资金可以在人口老龄化的背景下在提升交通福利方面发挥作用(Metz,2011<sup>[98]</sup>)。但是,对既定政策的分析必须确保这些政策能以最高的效率利用资金,改善交通成果并惠及最需要的人(Frye,2011<sup>[94]</sup>)。

安全性是老年用户选择交通工具时的重要考量因素(OECD,2001<sup>[93]</sup>;WHO,2007<sup>[96]</sup>)。这包括他们在使用公共交通时自身的安全与保障(WHO,2007<sup>[96]</sup>)以及道路安全(OECD,2001<sup>[93]</sup>)。便利可及的车辆、停靠点和车站,以及不断提升的吸引力和舒适度,有助于鼓励老年人更多地选择公共交通。改善建成环境和车辆技术可以为年老的驾驶员、自行车使用者和行人提供更好的道路安全保障(OECD,2001<sup>[93]</sup>;WHO,2007<sup>[96]</sup>)。

土地用途规划政策如果能保障居民靠近基要服务,就能使居民安心在自己的社区养老,不用担心独立的交通出行会受到影响(OECD,2017<sup>[97]</sup>;OECD,2001<sup>[93]</sup>;WHO,2007<sup>[96]</sup>;Frye,2011<sup>[94]</sup>)。住房选择多样、跨代同住、基要服务和社会生活便利的社区可以为老年人提供更好的支持(WHO,2007<sup>[96]</sup>)。

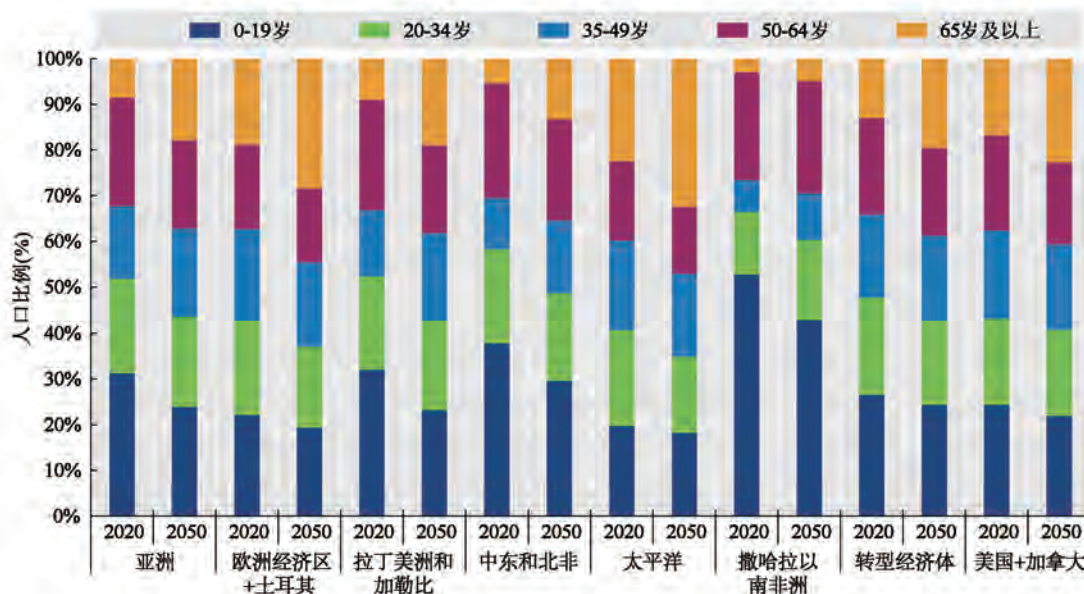


图 1-7 世界各地区不同年龄群组的人口分布

注:数据来自中位变差预测。EEA:欧洲经济区。LAC:拉丁美洲和加勒比地区。MEAN:中东和北非。经合组织太平洋:澳大利亚,日本,新西兰,韩国。SSA:撒哈拉以南非洲。转型经济体:

资料来源:联合国经济和社会事务部(2019<sup>[89]</sup>),*World Population Prospects 2019, Online Edition, Rev. 1*,

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934238337>

<https://population.un.org/wpp/>。

## 1.7 经济维度:恢复的不确定性

新冠肺炎疫情对经济和交通活动的影响程度极难量化。截至本报告撰写之时,估计2020年GDP

跌幅在 7.6% ~ 3.4% 之间(表 1-3)。下文列出了 ITF 运输展望中建模设定用到的基于 2020 年估计所做的经济影响预测,并讨论了这些趋势对交通运输的影响。

2020 年 3 月最新出版的《OECD 经济展望中期报告》对全球经济复苏的前景比之前的预测更为乐观。但是,该中期报告也认为最终复苏之路的决定性因素是疫苗的推广和可能出现的冠状病毒变异。第二章图 2-11 展示了一项假设分析,对比了新冠肺炎导致经济滞后的假设情景下和疫情前经济模式下的不同结果。

不管是根据 ITF 建模使用的基于 2020 年的预测,还是根据 2021 年 3 月的最新预测数据,某一具体年份的预测结果都低于疫情前模式下的水平。在解读本报告的结果时,应该记住,如果实际的 GDP 增长高于模型中的假设值(表 1-4),则交通运输产生的排放应该介于两种假设情景之间——高于本报告中给出的排放值,但低于疫情前情景下的排放值。如果未来的经济增长率超过 2019 年的预测值,那么排放量预计比疫情前情景下的排放更高。

新冠肺炎疫情导致的全球经济下行降低了运输需求。一般 GDP 越高,交通运输需求也较大。尽管想要将交通需求与 GDP 增长解绑,从而在保障经济增长的背景下实现脱碳,但这两者目前仍然是联系在一起,尤其是与国际交通的需求。2020 年中期,预计 2020 年全球 GDP 增长率为 -7.6%,OECD 国家的下降幅度(-9.3%)预计比非 OECD 国家(-6.1%)更大。到 2020 年 12 月,对经济的预测缓和了一些,预计全球 GDP 增长率为 -4.2%,而到 2021 年 3 月,增长率调整为 -3.4%。当时预计欧元区的下降幅度最大,GDP 降幅为 11.5%,到 2021 年 3 月,预测降幅调整为 6.8%。预计大多数地区的 GDP 将在 2021 年恢复增长(表 1-3)。值得注意的是,根据 2021 年 3 月的预测值,2020 年中国的 GDP 增长率与最初的预测不同,仍然保持为正数,且还将继续强势增长。

各地区的增长率都低于 2019 年的预测值,但在 2019 年观察到的趋势仍将继续。根据 OECD (2020<sup>[100]</sup>) 和 IMF(2020<sup>[101]</sup>) 在 2020 年做出的预测,本交通运输展望的 ITF 模型中 2015—2030 年 GDP 的复合年增长率(CAGR)设定为 2.2%(表 1-4),这低于此前的交通运输展望中预测的 3.3%(2019<sup>[103]</sup>)。但预计这个增长率会增加,2015—2050 年的 CAGR 将达到 2.6%(OECD,2020<sup>[102]</sup>)。OECD 的数据反映了一种“双重打击”的情景,其中包含 2020 年底的第二波感染。

除非疫苗的生产 and 分配情况得到改善,否则预计 2021 年的产量不会恢复到疫情前水平(OECD,2021<sup>[104]</sup>)。各国之间的疫苗推广仍然不平衡,并将继续对不同领域产生不平等的经济影响。第二波新冠肺炎疫情冲击之前的初步分析显示,许多国家国内商品、与健康相关的商品以及服装的同比零售额到 2021 年 8 月之前将恢复增长。但那些可能会产生出行需求的活动,或者本身就构成出行内容的活动,比如假期、旅游和一些事件,预计销售额仍会继续下降(OECD,2020<sup>[105]</sup>)。由于旅行限制以及消费者在疫情期间对跨国出行持续的谨慎态度,旅游部门以及依赖旅游的经济体预计将受到尤其沉重的打击(IMF,2020<sup>[106]</sup>;OECD,2020<sup>[107]</sup>)。

世界各地 GDP 增长相较于上一年的百分比变化

表 1-3

组织或地区	年份(年)					
	2017	2018	2019 *	2020 *	2021 *	2022 *
经合组织	预测数据来自 OECD 经济展望 2020 年第 1 期/2020 年第 2 期/2021 年 3 月中期报告					
全球	3.7	3.4	2.7	-7.6 / -4.2 / -3.4	2.8 / 4.2 / 5.6	- / 3.7 / 4
经合组织国家	2.7	2.3	1.7	-9.3 / -5.5 / -	2.2 / 3.3 / -	- / 3.2 / -
欧元区	2.7	1.9	1.3	-11.5 / -7.5 / -6.8	3.5 / 3.6 / 3.9	- / 3.3 / 3.8
日本	2.2	0.3	0.7	-7.3 / -5.3 / -4.8	-0.5 / 2.3 / 2.7	- / 1.5 / 1.8
美国	2.4	2.9	2.3	-8.5 / -3.7 / -3.5	1.9 / 3.2 / 6.5	- / 3.5 / 4
非经合组织国家	4.6	4.4	3.5	-6.1 / -3 / -	3.2 / 5.1 / -	- / 4.2 / -

续上表

组织或地区	年份(年)					
	2017	2018	2019 *	2020 *	2021 *	2022 *
巴西	1.3	1.3	1.1	-9.1 / -6 / -4.4	2.4 / 2.6 / 3.7	— / 2.2 / 2.7
中国	6.9	6.7	6.1	-3.7 / 1.8 / 2.3	4.5 / 8 / 7.8	— / 4.9 / 4.9
印度	7.0	6.1	4.2	-7.3 / -9.9 / -7.4	8.1 / 7.9 / 12.6	— / 4.8 / 5.4
世界银行						
全球	3.3	3.0	2.4	-5.2	4.2	—
发达经济体	2.5	2.1	1.6	-7.0	3.9	—
新兴市场和发展中经济体	4.5	4.3	3.5	-2.5	4.6	—
IMF						
全球	3.9	3.6	2.9	-4.9	5.4	
发达经济体	2.5	2.2	1.7	-8.0	4.8	
新兴市场和发展中经济体	4.8	4.5	3.7	-3.0	5.9	
	4.8	4.5	3.7	-3.0	5.9	

注：\* 2020、2021 和 2022 年的数据属于预测。世界银行 2019 年的数据是估算值。OECD 经济展望 2020 年第 1 期的预测基于“双重打击”情景。

资料来源：(OECD, 2020), OECD 经济展望, 2020 年第 1 期, <https://doi.org/10.1787/0d1d1e2e-en>, (OECD, 2020), OECD 经济展望, 2020 年第 2 期, <https://doi.org/10.1787/39a88ab1-en>; (OECD, 2021), OECD 经济展望, 2021 年 3 月中期报告, <https://doi.org/10.1787/34bfd999-en>; (世界银行, 2020) 全球经济展望, <https://www.worldbank.org/en/publication/global-economic-prospects> 以及 (IMF, 2020) 世界经济展望, <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2020/06/24/WEOUpdateJune2020>。

ITF 模型中对特定地区和国家设定的 GDP 增长率

表 1-4

组织或地区	年份(年)	
	2015—2030 *	2015—2050 *
全球	2.2	2.6
经合组织国家	1.3	1.6
欧元区	1.0	1.3
日本	0.6	1.0
美国	1.2	1.6
非经合组织国家	2.9	3.1
巴西	1.5	1.7
中国	3.6	3.0
印度	4.6	4.7

资料来源：对 2015—2030 年以及 2015—2050 年阶段设定的增长率是 ITF 根据 OECD(2020<sup>[100]</sup>) 的 OECD 环境链接模型所作的估算, <http://www.oecd.org/environment/indicators-modelling-outlooks/modelling.htm>; IMF(2020<sup>[101]</sup>) 世界经济展望更新, 2020 年 6 月, <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2020/06/24/WEOUpdateJune2020>。

初期数据显示 (UNCTAD, 2020<sup>[108]</sup>), 疫情期间全球商品贸易受到的冲击比 2008 年金融危机更猛烈 (ITF, 2020<sup>[109]</sup>)。供应链中断导致工厂关闭和装配线停工。ITF 估计, 2020 年的货物运输比 2019 年下降 6.7%。本交通运输展望的 ITF 模型设定了 5 年的贸易活动损失, 与 WTO 初始的乐观情景基本一致 (WTO, 2020<sup>[110]</sup>)。

疫情对贸易的最终影响尚不清楚。截至本报告撰写之时, 预计 2020 年全球贸易将大幅下滑 9.2%, 2021 年将回升 7.2% (表 1-5)。这比疫情初期的初步预测有所改善, 当时预计贸易降幅接近 20% (WTO, 2020<sup>[111]</sup>)。预计北美的出口降幅最大 (-14.7%), 其次是欧洲 (-11.7%)。预计南美洲和中美洲 (-13.5%) 以及欧洲 (-10.3%) 的进口将显著下降。从 2015 年到 2030 年, 全球商品贸易的复合

年增长率预计为 2.4%，如果时间再拉长一些，到 2050 年，预计增长率将上升到 2.7%（表 1-6），分别低于疫情之前预测的 3.4% 和 3.2%（ITF, 2019<sup>[103]</sup>）。预计到 2030 年，亚洲地区的出口复合年增长率最高（3.8%）。然而，从长远来看，预计 SSA 长势更强劲，到 2050 年复合年增长率将达到 5.2%。

全球商品贸易相较于上一年的百分比变化

表 1-5

组织或地区	年份(年)			
	2018	2019	2020 *	2021 *
全球	2.9	-0.1	-9.2	7.2
出口				
北美洲	3.8	1	-14.7	10.7
南美洲和中美洲	0.1	-2.2	-7.7	5.4
欧洲	2.0	0.1	-11.7	8.2
亚洲	3.7	0.9	-4.5	5.7
其他地区	0.7	-2.9	-9.5	6.1
进口				
北美洲	5.2	-0.4	-8.7	6.7
南美洲和中美洲	5.3	-2.1	-13.5	6.5
欧洲	1.5	0.5	-10.3	8.7
亚洲	4.9	-0.6	-4.4	6.2
其他地区	0.3	1.5	-16.0	5.6

注：\* 2020 年开始的数据属于预测。

资料来源：(WTO, 2020<sup>[112]</sup>)，[www.wto.org/english/news\\_e/pres20\\_e/pr862\\_e.htm](http://www.wto.org/english/news_e/pres20_e/pr862_e.htm)。

全球各地区商品贸易复合年增长率预测

表 1-6

组织或地区	年份(年)	
	2015—2030	2015—2050
全球	2.4	2.7
出口		
亚洲	3.8%	4.2%
欧洲经济区 + 土耳其	1.6%	1.5%
拉丁美洲和加勒比地区	2.0%	2.9%
中东和北非地区	0.8%	1.2%
经合组织太平洋	1.6%	2.1%
撒哈拉沙漠以南非洲地区	2.7%	5.2%
转型经济体	2.1%	2.0%
美国 + 加拿大	2.5%	2.0%
进口		

续上表

组织或地区	年份(年)	
	2015—2030	2015—2050
亚洲	1.3%	3.5%
欧洲经济区 + 土耳其	0.8%	2.0%
拉丁美洲和加勒比地区	1.2%	2.9%
中东和北非地区	1.2%	3.4%
经合组织太平洋	0.9%	2.3%
撒哈拉沙漠以南非洲地区	1.4%	4.3%
转型经济体	0.8%	2.1%
美国 + 加拿大	0.9%	2.6%

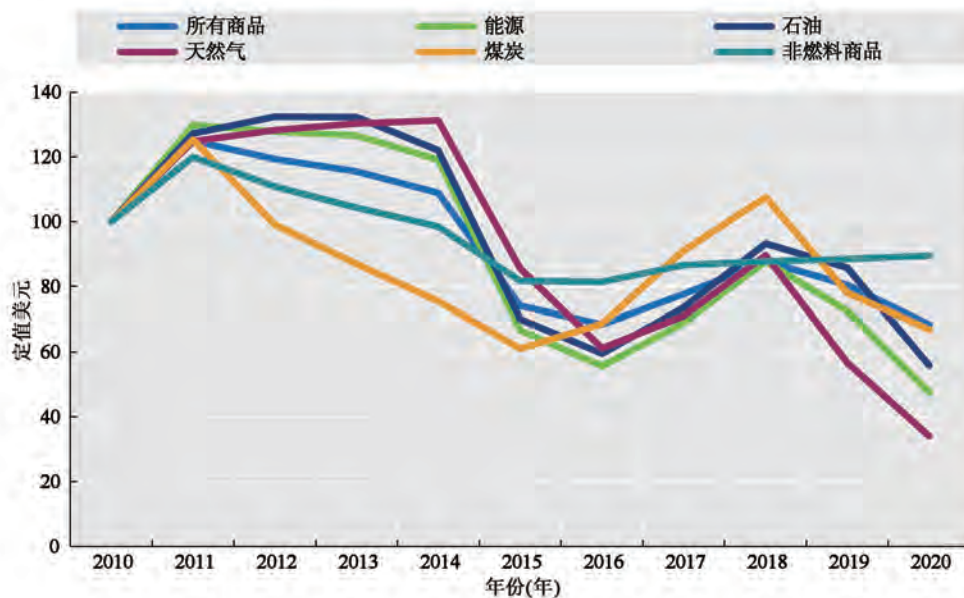
 资料来源:数据根据 OECD 环境链接模型所得, <http://www.oecd.org/environment/indicators-modelling-outlooks/modelling.htm>


图 1-8 2010—2020 年初级商品价格指数的变化

注:石油指英国石油原油现货平均价格。布伦特,迪拜和西德克萨斯中质原油。天然气欧洲,日本和美国的指数。煤炭包括澳大利亚和南非的指数。2010 年为基准年(定值美元 100)。

 资料来源:国际货币基金组织(2020<sup>[113]</sup>) IMF 初级商品价格, <http://www.imf.org/external/np/res/commod/index.aspx>。StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934238356>

天然气、能源、煤炭和石油的价格自 2018 年以来一直呈下降趋势(图 1-8)。由于新冠肺炎疫情及其对石油需求的影响,OPEC + 国家开始限制石油产量,这一限制将持续到 2022 年 4 月。美国的生产商也减少了供应。因此,油价有所回升,但没有达到 2020 年 1 月限制措施实施前的水平(IMF, 2020<sup>[106]</sup>)。油价对交通运输部门的影响尤为显著。价格波动会影响出行行为和对替代燃料的投资,从而影响交通运输部门的 CO<sub>2</sub> 排放。

疫情造成的干扰使交通需求和石油价格长期充斥着不确定性(IMF, 2020<sup>[106]</sup>)。从石油需求的角度来看,公路交通活动确实在首次出行限制后出现了反弹。但是,航空出行继续受到疫情的影响,因此航空部门对石油的需求依然受到抑制。

## 本章要点

(1) 交通运输与气候变化和社会平等有着密不可分的联系,这也是我们这个时代最关键的议题。交通运输必须在政策议程中发挥中心作用,以协调一致的方式解决这两个议题。

(2) 新冠肺炎疫情严重影响了经济和交通需求。目前仍不确定疫情将对未来的经济增长和交通活动产生怎样的长期影响。

(3) 疫情后复苏为减缓全球变暖和实现联合国可持续目标提供了独特的机遇。

(4) 疫情后复苏计划必须将经济恢复与应对气候变化和加强社会公平相结合。

(5) 交通部门的脱碳也需要其他部门的支持,合作势在必行。

(6) 交通政策必须注重提升可及性,而不只是增加出行。

(7) 城市化进程将继续,但不会平衡进行。交通政策制定者和土地使用规划者需要整合彼此的工作,建设可持续发展、可及性高的城市。

(8) 交通政策、交通规划和设计必须采用一种包容的方式,解决女性、老年人以及其他以往被忽视的群体的特殊出行需求。

(9) 需要更好的数据为制定包容的政策和交通规划提供信息基础。

## 第2章 面向2050年的交通脱碳发展路径

本章介绍了3种政策情景下未来30年的交通需求发展及相关排放结果。结果汇总了客运交通及货运交通情况,提供了整个交通运输部门的综合情况。本章还讨论了全球该以哪些方式实现交通脱碳,才能确保不同社会群体和国家公平地分担责任。

### 概要

为未来建设更好的交通系统,现在就必须采取行动

交通系统正处于关键时刻。它占全球排放的份额会继续增加吗?它能在2050年之前完成《巴黎协定》的脱碳目标吗?本章提出了“恢复”“重塑”“再塑”3个情景,这3个情景代表交通系统在未来30年可能采取的3种不同的脱碳路径。这3种情景的脱碳方式和雄心各不相同,从中可以看出,在全球努力将气温上升控制在1.5℃之际,当前作出的选择将在未来产生怎样的结果。

恢复情景将继续世界目前已经执行和公布的政策轨道。这个情景假定国际社会坚持现在的气候倡议,但将在很大程度上依照过去几十年的经济实践推动经济从疫情中恢复。然而,恢复到所谓的“正常”将把我们带向错误的道路:在恢复情景下,国际社会远远落后于商定的气候目标。交通领域的CO<sub>2</sub>排放没有减少;相反,相较于2050年的目标排放值,即限制全球变暖所允许的最大排放值,反而超过了3倍以上。

重塑和再塑情景下的未来愿景比较乐观。在重塑情景下,各国政府采取变革型脱碳政策,将交通运输转向可持续轨道,《巴黎协定》的气候目标不再遥不可及。在再塑情景下,将进一步加快并强化疫情后复苏政策,推动交通运输进入实现气候目标的快车道。重塑和再塑情景打破了经济增长与交通排放长期以来的联动,交通需求继续增长,但排放量却在减少。

重塑和再塑情景的核心设想就是雄心勃勃的脱碳议程。它们的政策成功地避免了不必要的出行,使人们转向更可持续的交通方式,通过改进交通技术减少排放,同时,还增强了交通网络的韧性。

落实这些雄心勃勃的政策,可以也必须确保公平的责任分担,避免加剧现有的不平等现象。气候政策的执行,特别是涉及定价机制的政策,必须考虑到它们对不同社会群体的具体影响。这些政策还应利用全球资本,推动全世界各地区有效实现交通脱碳。

《ITF 交通运输展望2021》预测了未来30年3种不同政策情景下的交通运输需求发展和相关排放。恢复情景,代表着全球当前的发展轨迹,它涵盖了现有的脱碳承诺,并假定各国政府通过加强固有的经济活动,将经济复苏作为优先事项。通过这一情景的模拟可以看出,目前的雄心不足以实现减缓气候变化的目标,交通领域的碳排放将超过政府间气候变化专门委员会(IPCC,2018<sup>[1]</sup>)的专家为将全球变暖限制在1.5℃以下设定的预算值。重塑情景设定了一系列雄心勃勃的脱碳政策,采取前瞻性政策应对交通部门的环境挑战并支持联合国可持续发展目标(SDGs)的实现,由此为不超过交通碳预算创造了可能性。再塑情景进一步强化了重塑情景下的政策,并充分利用新冠肺炎疫情带来的脱碳机遇,例如,鼓励出行行为中的某些变化。在再塑情景下,国际社会可以更快、更有把握地实现减缓气候变化的目标。

## 2.1 未来交通 3 种情景:恢复、重塑、再塑

恢复、重塑和再塑 3 种情景评估了不同政策路径到 2050 年对全球交通需求、温室气体排放(表示为 CO<sub>2</sub>当量)、本地污染物排放、可及性、联通性以及韧性(取决于部门)的影响。排放量是基于交通活动计算的,不包括车辆生产或交通基础设施建设和运营产生的排放。

这 3 个情景代表着决策者在交通脱碳和实现联合国可持续发展目标(SDGs)方面逐渐递进的雄心。所有情景都考虑了新冠肺炎疫情的影响,针对疫情的影响设定了相同的经济基准。疫情产生的经济余波、可能导致的行为变化,以及对交通供应和出行模式的长期及短期影响的程度,都充斥着不确定性。ITF 模型使用的是建模时可获得的最乐观预测和最悲观预测的中间值。

ITF 模型将国际货币基金组织的《世界经济展望 6 月更新版》(IMF, 2020<sup>[2]</sup>)和世界贸易组织的《贸易统计与展望》(WTO, 2020<sup>[3]</sup>)应用于经合组织环境链接模型的基准 GDP 和贸易值(OECD, 2020<sup>[4]</sup>),设定全世界所有地区 2020 年的 GDP 和贸易都有所下降。接下来的年份设定的是之前的经济增长率。与 2020 年往后的年份在新冠肺炎疫情爆发之前的经济预测值相比,GDP 和贸易的估算值大约滞后了 5 年。所有情景对经济活动和贸易的设定都保持一致,这样可以更好地对比交通政策对活动、CO<sub>2</sub>排放以及其他结果的影响。考虑到疫情对航空的影响,对航空联通性的增长也进行了调整。ITF 模型调低了 2020 年的航班频率和疫情前增长率,以便符合国际航空运输协会对 2025 年的预测(IATA, 2020<sup>[5]</sup>)。

在恢复情景下,各国政府通过加强固有的经济活动将经济复苏放在优先地位。政府继续推进疫情之前就作出的(或即将作出的)交通脱碳承诺。此外,对于疫情期间交通部门出现的妨碍脱碳的趋势,政府采取政策行动确保到 2030 年之前将这些趋势扭转回到疫情之前的模式,这是最基本的要求。例如,扭转疫情期间私家车使用增加而公共交通客流量下降的趋势。行为的变化,如商务出行减少或者更多人转向主动出行,这些变化减少了 CO<sub>2</sub>排放,但也会在 2030 年之前恢复到疫情前的常态。本书第 1 章已经列举了这些短期趋势(表 1-1)。由于针对技术创新的政策行动有限,所以清洁能源和交通技术所能产生的成本节约效益没能达到应有的程度。恢复情景是 ITF 交通运输展望 2019 中当前目标情景的更新版,增加了与新冠肺炎疫情相关的改变以及此后新公布的政策。

重塑情景提出了交通部门的模式转变。各国政府在疫情后时代采取改革型交通脱碳政策。这些政策鼓励交通用户改变出行行为,支持清洁能源和车辆技术的推广,提倡采用数字化提升交通效率,促进对基础设施的投资帮助实现环境和社会发展目标。和恢复情景一样,重塑情景也设定疫情期间观察到的交通趋势和模式将在 2030 年之前回归到先前的状态。

在再塑情景下,政府抓住疫情带来的脱碳机遇,进一步强化重塑情景下的政策。疫情期间人们的交通行为发生了一些变化,例如,商务出行减少、步行和自行车使用增加,政府采取有针对性的措施进一步巩固这些变化。其中一些政策落实的速度和力度都比在重塑情景下更高。这一情景也设定了疫情对非交通部门的影响,因为这些影响可能最终还是作用到交通部门。例如,为了提升应对疫情的能力而更靠近商品源头,由此导致贸易区域化。在再塑情景下,交通部门可以更快、更有把握地实现 CO<sub>2</sub>排放目标,减少对某些效率仍不确定的减排技术的依赖。

重塑和再塑情景显示出,在增加投资和提升政治雄心的加持下,利用现有的技术和政策可以实现怎样的未来。政策的作用是叠加的,这意味着虽然有针对地区的调整,但大多数政策应用于大多数地区时都根据地区情况进行了一些调整。在选定地区实施某些措施组合时,结果并不是一定的。这些结果可以说明在全面实施的情况下,哪些措施具有技术可行性。此外,还可能存在政治和财政方面的限制,需要根据当地情况确定采取措施的顺序。这些政策情景模拟了在管理交通需求、转向可持续模式以及改进车辆和燃料能源效率的一系列政策下,全球和各地区范围内可能发生的情况。

有许多建模方法可以用来评估脱碳行动。ITF 模型以需求为基础,支持自下而上的方法,从潜在的政策情景开始演算,评估情景下产生的活动和 CO<sub>2</sub>排放。从特定目标回溯则是另一种有效的建模实践,



不同的方法都有各自的优缺点。回溯是从某个特定目标开始倒推,看看需求和技术必须达到什么程度才能实现这个目标。相较于回溯,ITF 更喜欢目前的方法,因为可以创建最逼真的(相关性较高的)情景。由于数据不足,目前无法确定全球各地区及各部门的目标,这意味着所选择的模拟情景,不可能将每个地区独特的制约因素都反映出来。

《ITF 交通运输展望 2021》中模拟的政策情景见表 2-1。

ITF 交通运输展望 2021 中模拟的政策情景

表 2-1

政策情景	经济影响	新冠肺炎疫情对交通的影响	脱碳政策
恢复情景: 回归正常	(1)经济影响持续存在,表现为 GDP 和贸易预测存在 5 年“滞后”。 (2)保持经济设定一致,比较不同情景下交通政策的影响。	新冠肺炎疫情引起的趋势和影响对脱碳同时提出了挑战和机遇,但都会在 2030 年之前回到疫情前的轨道,也就是说,届时阻碍脱碳的趋势会得到减缓,而有助于脱碳的趋势也不会得到加强	继续当前/即将宣布的政策,努力解决疫情对脱碳的影响
重塑情景: 模式转变			改革型脱碳政策
再塑情景: 强化版重塑		(1)新冠肺炎疫情引起的阻碍脱碳的趋势和影响将在 2030 年之前回到疫情前的轨道,即减缓了阻碍脱碳的趋势。 (2)2030 年之后,新冠肺炎疫情给脱碳事业带来的机遇得到充分利用和强化	脱碳政策更积极,利用疫情后复苏推动脱碳进程

注:关于交通部门在脱碳方面面临的短期及长期挑战和机遇,详见第 1 章表 1-1。

交通脱碳措施包括避免、转移和改善 3 种。

交通脱碳措施致力于避免不必要的出行,将必要的出行转向可持续模式,并改进车辆和能源技术。近年来,改进还包括了运输系统效率的提高。这些措施对限制 CO<sub>2</sub> 排放有积极影响,但对社会的影响各不相同。单独关注其中任何一项都不能解决交通所面临的社会和环境挑战。相反,政策制定者需要从整体出发,平衡考量哪项政策从影响、部门和地区角度来看是最合适的,进而确定政策的顺序。

避免措施可以减少运输活动,同时不会影响商品和服务的获得。例如,统一的城市规划整合了不同的社区,可以减少路程距离,电话会议可以取代部分航空出行。避免措施旨在以更少的人公里数(或吨公里数)提供同样的经济和社会效益。避免措施有助于减少需求,但是措施的有效性和落实速度受到结构性问题的限制,包括工作岗位的分布、现有的土地使用模式以及早前基础设施的部署。例如,对于蔓延扩张的社区,需要提高社区密度才能实现需求的减少。

转移措施将交通模式从能源密集型转向能源高效型。如果可能的话,从机动车出行模式转向主动出行是最理想的。这种转变可以降低用户的出行成本,减少拥堵和空气污染。对于路程较长的城市出行,如果使用城市轨道交通代替私家车,则每人公里的最终能耗可以降低 91% (IEA, 2020<sup>[6]</sup>)。从飞机转向高速铁路(每人公里的能耗降低 93%)以及从货车转向铁路货运(每吨公里的能耗降低 72%)也有类似的节能效果(IEA, 2020<sup>[6]</sup>)。但是,我们也不能忽视其他过程中的排放,包括与基础设施相关的排放(IEA, 2019<sup>[7]</sup>)。决策者可以通过促进安全的主动出行和支持公共交通基础设施的铺设,推动人们转向选择能效较高的交通模式。通过对土地使用请求、拥堵以及私家车的能源使用征税所募集的资源,以及对节能交通模式的财政奖励,可以进一步促进和支持能源、资源和空间利用率较高的交通模式。

完全抛弃高排放的交通模式是不可行的。对于许多长途及国际出行来说,航空是最可行的选择。由于铁路服务只能在需求较高的线路和有限的距离上取代航空出行,所以很难实现大规模的模式转变(IEA, 2019<sup>[7]</sup>)。在货运领域,即使尽可能最大程度地将公路货运转移到铁路和内陆水运,但仍有相当

大一部分货物只能由货车运输。铁路货运服务最适合主轴货物流,而公路运输为及时交货提供了更大的灵活性。在客运领域,只有在有其他选项的情况下,人们才有可能放弃使用私家车。在紧凑的城市地区,由于基础设施和服务的密度较高以及出行距离较短,人们更容易转向主动模式和公共交通。但是,在农村和城市周边地区,这种转向相对有限,因为这些地区发展密度较低、出行距离较长,很难吸引人们选择公共交通和主动出行模式。政策措施也会因为社会人口特征和个人态度不同而产生不同的影响。ITF 城市客运模型通过区分不同年龄和性别群体的政策影响,在一定程度上反映了这些差异。

改善措施可以提高车辆的能源效率,降低燃料的碳强度或提高运营效率。优化路线可以减少拥堵带来的排放,物流中的资产共享可以增加负荷率,运输模式之间的无缝转换可以增加多模式联运的吸引力。燃料经济标准可以加速新汽车技术的推广,从而减少燃料的消耗。碳税、低碳燃料标准或生物燃料混合要求可以降低运输燃料的排放密度。转向电动汽车,既可以提高汽车的能源效率,又可以促进电力的使用,而电力又属于排放较低的能源。这些政策还可以刺激对材料提取和回收、电池制造、汽车制造设施的翻新或建设、智能电网的部署以及充电基础设施的大型投资,积极促进经济发展。

恢复、重塑和再塑情景下各领域的政策措施如图 2-1 所示。每个领域每项措施的具体设定见本书第 3.5 节。读者也可以参考《交通运输气候行动目录》——ITF 为政府和行业提供的数据库,了解对所有模式和所有交通部门提出的 60 多项脱碳措施(详见案例框 2.1)。

### 案例框 2.1 交通运输气候行动目录

如果不解决交通部门的问题,就无法阻止气候变化。2016 年,在《巴黎协定》签署后,国际交通论坛(ITF)发起了交通脱碳倡议,帮助各国政府和运输行业通过交通碳中和,将气候雄心转化为具体行动。

交通脱碳倡议([www.itf-oecd.org/decarbonising-transport](http://www.itf-oecd.org/decarbonising-transport))是超过 70 个政府、组织、机构、基金会和企业,在 ITF 的支持下建立的伙伴关系。2020 年 7 月启动了交通运输气候行动目录,这是交通脱碳倡议的一项关键成果。

交通运输气候行动目录(TCAD)(<http://www.itf-oecd.org/tcad>)是一个关于政策措施的线上数据库,旨在减少所有交通模式的 CO<sub>2</sub> 排放,包括海运、航空、客运及货运。目前目录包含超过 60 项减排措施,还有一个证据库,帮助评估这些措施的效用。这是一个活目录,随着时间的推移,还会不断审查并添加其他的措施。

这个目录可以让用户针对脱碳结果筛选出特定措施。筛选类别包括政策类型、交通模式和地理范围。为方便使用,交通运输气候行动目录还根据不同的政策成果,将脱碳措施分为以下 5 类:

- (1) 设计、运营和规划经过改善的交通系统;
- (2) 电气化;
- (3) 低碳燃料和能源载体;
- (4) 模式转变和需求管理;
- (5) 创新和规模化。

每项措施的概述都很简洁,并包含外部资源的链接。每项概述都描述了相应的措施以及对 CO<sub>2</sub> 排放的潜在影响。成本部分介绍了潜在的成本来源和潜在的共同利益,帮助用户评估不同的案例以及进一步理解一项措施如何有助于实现更广泛的目标。此外,目录还指出了执行规划中可能需要考虑到的一些因素。这个目录还有一项功能,可以让用户对措施提出附加信息,或建议将新措施列入目录。这进一步促进了用户之间的信息共享。



图 2-1 不同情景下各部门的措施和设定总结

注:可参考表 3-3、4-3 和 5-3,详细了解各部门的措施。

## 2.2 持续增长的交通需求

从长期来看,客运和货运需求预计都将持续增长。在当前的政策下,即便全球疫情导致增长率有所

下降,但到 2050 年总人公里数和货运需求(以吨公里数计)仍将增长 2 倍以上。与《ITF 交通运输展望 2019》中的当前目标情景相比,总客运和货运活动的增幅比当时预计的要小,因为更新了新的政策承诺和稍显悲观的经济增长数字,这甚至是在感受到新冠肺炎疫情产生的影响之前。

随着经济发展和人口增长,人们对货物的需求会不断增加,想要且能够出行的人群数量也会增加。但是如果经济增长伴随着交通活动的增加,这样的经济增长则是不可持续的,因为交通产生的排放会造成巨大的负面影响。只有将交通活动及排放与经济活动解绑,我们才能在维持强劲经济的同时挽救气候,并最终提升人类福祉。

所有场景的模拟结果说明,如果政府政策遵循重塑或再塑情景,则到 2050 年之前可以将交通活动与 GDP 增长相解绑。在恢复情景下,只有在 OECD 国家,即主要在发达经济体,客运交通不再与 GDP 发展有强劲关联。图 2-2 对比了交通需求对 GDP 的敏感性。这个对比是基于交通需求对 GDP 的弹性。例如,需求弹性为 0.5 说明,GDP 每增加 1% (以 2011 USD 计),交通活动(人公里数或吨公里数)将增加 0.5%。弹性小于 1 则意味着解绑(Tapio,2005<sup>[8]</sup>),因为 GDP 的增长强于交通需求的增长。弹性越低,说明交通需求和 GDP 之间解绑的潜力越大。

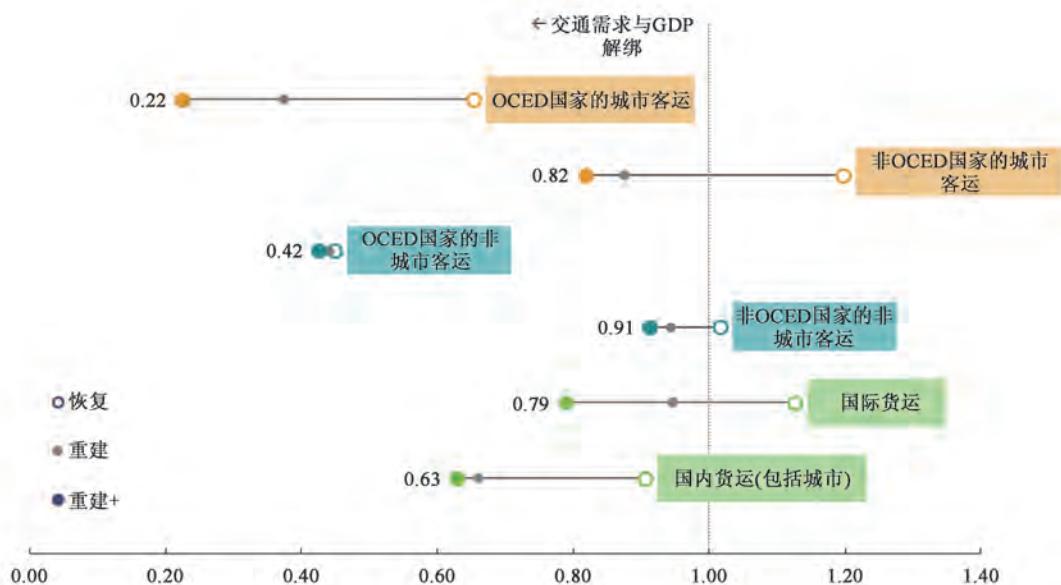


图 2-2 不同情景下交通需求对 GDP 增长的弹性反应

注:弹性是由 2015—2050 年需求(人数或吨公里数)的变化除以 2015—2050 年 GDP(以 2011 USD 计)的变化计算所得。弹性小于 1 则意味着解绑(即 GDP 的增长超过交通需求);弹性越小,解绑潜力越大。

资料来源:ITF 模型估算中使用的 GDP 数据。基于 OECD(2020<sup>[4]</sup>)的 OECD 环境链接模型, <http://www.oecd.org/environment/indicators-modelling-outlooks/modelling.htm> 以及 IMF(2020<sup>[2]</sup>)的世界经济展望更新版,2020 年 6 月, <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2020/06/24/WEOupdateJune2020>。

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934238375>

城市交通活动可以在较大程度上与 GDP 增长解绑。根据目前的预测,OECD 国家的 GDP 和人口增幅将低于世界其他地区,城市客运增幅预计更低。城市交通需求的弹性对雄心较高的政策反应很积极,在恢复情景和重塑情景之间,交通弹性从 0.65 下降到 0.22。OECD 国家和非 OECD 国家客运行为存在差异,部分原因在于在重塑和再塑情景下,远程办公率较高,远程办公在较富裕的经济体流行程度更高(Dingel 和 Neiman,2020<sup>[9]</sup>)。在新兴的非 OECD 经济体中,当前的出行率相当低。随着这些地区人们收入和生活质量的不断提升,可能会开启潜在的需求并增加人均出行率。假设当前的政策继续,正如在恢复情景下,非 OECD 国家的城市可能会以蔓延模式发展,导致平均出行距离增加。在这样的情景下,交通需求会更多地随着经济发展而增长,出现需求大幅飙升的情况。但是,情景模拟也显示,非 OECD 国家的城市交通活动对以可及性为主的模式反应积极,在重塑和再塑情景下,由于可持续的土地使用政

策和其他措施,交通需求可以与经济增长解绑。

即便是在更高雄心的脱碳政策下,非城市客运的增长仍然与 GDP 相关联。不同于城市客运,且在一定程度上不同于地区非城市交通,这两种交通可能受到土地使用变化的影响,并可以让个人获得离家更近的机遇,但城际非城市客运缩短路程的潜力有限,因为通常其路程都比较长,而且备选目的地有限。一些长途旅游可能会被离家更近的目的地所取代,但减少非城市交通活动的主要方式还是减少出行的数量。电话会议可以在一定程度上减少出行(特别是在新冠肺炎疫情后),但是效果并不如远程工作对城市交通那样强劲。OECD 国家的需求弹性对不同政策情景的反应较小,而非 OECD 国家的敏感性较大。OECD 国家的经济增长和非城市客运活动更多地是绝对程度上的解绑。随着人们收入增加,潜藏的出行需求被释放,非 OECD 国家交通需求对 GDP 的反应度可能会下降。

国内货运对 GDP 增长的敏感性比国际货运低。在恢复情景下,国际货运仍然与 GDP 增长相关联。重塑情景下,国际及国内货运都与 GDP 增长相解绑。再塑情景下,贸易模式的变化,包括对化石燃料需求的下降以及可能的贸易区域化,对减少国际货运活动发挥的作用更加明显。国内货运受到的影响并没有这么强烈,因为在再塑情景下,国际贸易会转向更多的地区货物运输。

### 2.2.1 客运需求

恢复情景下,客运需求在 2015—2050 年间,除了 2020 年出现短暂下降,整体将增长 2 倍(图 2-3)。重塑情景下的政策可以将 2050 年预期的交通需求减少 10%,再塑情景可以减少 13%。

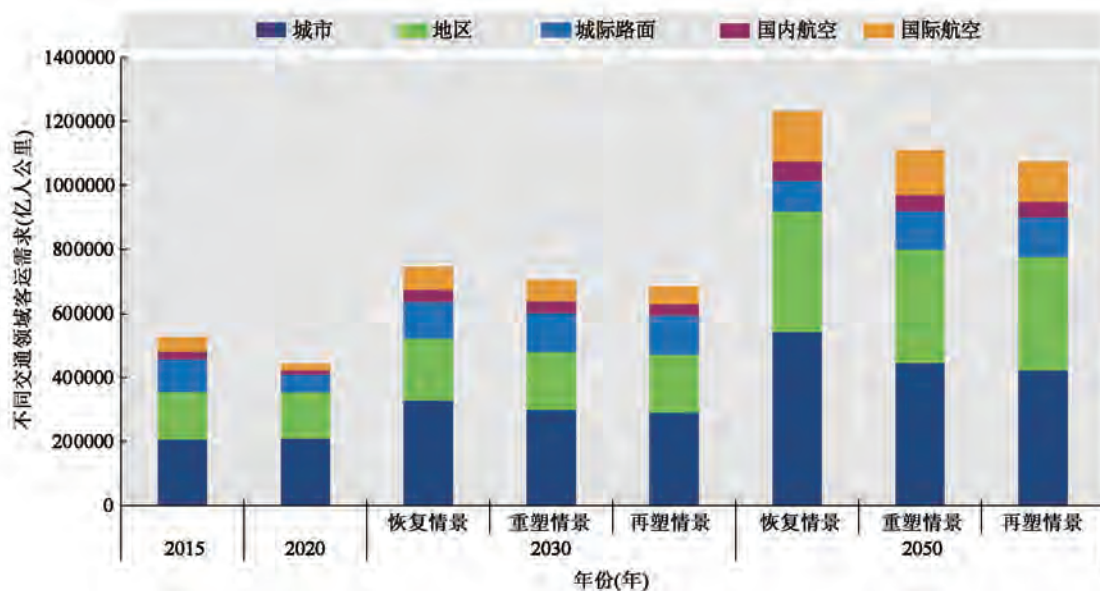


图 2-3 到 2050 年全球不同交通分领域的客运需求

注:本图表示 ITF 模拟的估算。恢复情景、重塑情景和再塑情景是模拟的 3 种情景,代表疫情后交通脱碳政策逐渐递增的雄心。

地区指的是发生在城市地区之外(城市周边,农村)的日常本地交通活动;城际路面交通指的是通过私人公路车辆(两轮及三轮车、小汽车),公交车以及城市轨道交通完成的不同城市地区之间的交通运动。

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934238394>。

恢复情景下,日常出行到 2050 年将占到总客运需求的近 3/4。大多数城市和地区的交通活动(农村和城市周边地区)都是日常出行。再塑情景下,政策以交通可及性为重点,有助于改变土地使用的模式并提高远程工作的普及率,因此 2050 年的城市交通需求相较于恢复情景,可减少 22%。而地区范围内的出行需求,由于备选有限,所以下降潜力较低;再塑情景可以在 2050 年将人公里数减少 6%。

到 2050 年,航空出行的相对增长率最大,在恢复情景下,将在 2015 年的基础上增长 3.5 倍。预计在新冠肺炎疫情后,航空出行的需求将强势恢复,特别是国际航班。ITF 预计航空出行将在 2023 年左

右恢复到 2019 年的水平。碳定价以及票务税等严格的政策措施,发挥的影响有限,因为在所有情景下,备用选项都有限,航空仍然是城际出行的主要模式。随着个人生活和商务变得越来越国际化,国际出行的需求也在增加。重塑情景下的政策行动更强硬,因此 2050 年国内航空需求相较于恢复情景下的水平,将减少 17%,国际航空需求则将减少 10%。再塑情景下国内和国际航空需求的降幅则分别达到 19% 和 18%。再塑情景下国际出行的变化更加明显,说明了某些行为,如电话会议取代部分商务出行和长途旅行数量减少等。

恢复情景下,由于航空部门的市场份额增加,城际路面交通在绝对意义上出现了下降。然而,在重塑和再塑情景下,路面交通模式的吸引力出现了相对上升,而航空出行的部分份额则重新分配给了它们。随着轨道基础设施的可用性提升,以及低排放公路车辆的研发,由于这两种交通受碳定价机制的影响较小,因此城际路面交通模式变得越来越具吸引力。

无论在哪种情景下,所有地区的交通需求都在增加。客运需求长势最强的地区主要是那些人口和经济增长率预期最高的地区。如图 2-4 所示,在绝对意义上,亚洲增幅最大,以显著优势让本地区毫无疑问地成为交通需求的最大来源。如果在亚洲施行再塑情景下比较激进的政策,2050 年将比恢复情景下减少 7 万亿人公里。相对于 2050 年恢复情景下的结果,OECD 太平洋国家对脱碳政策的相对反应最大,在再塑情景下,2050 年的人公里数将减少 18%。

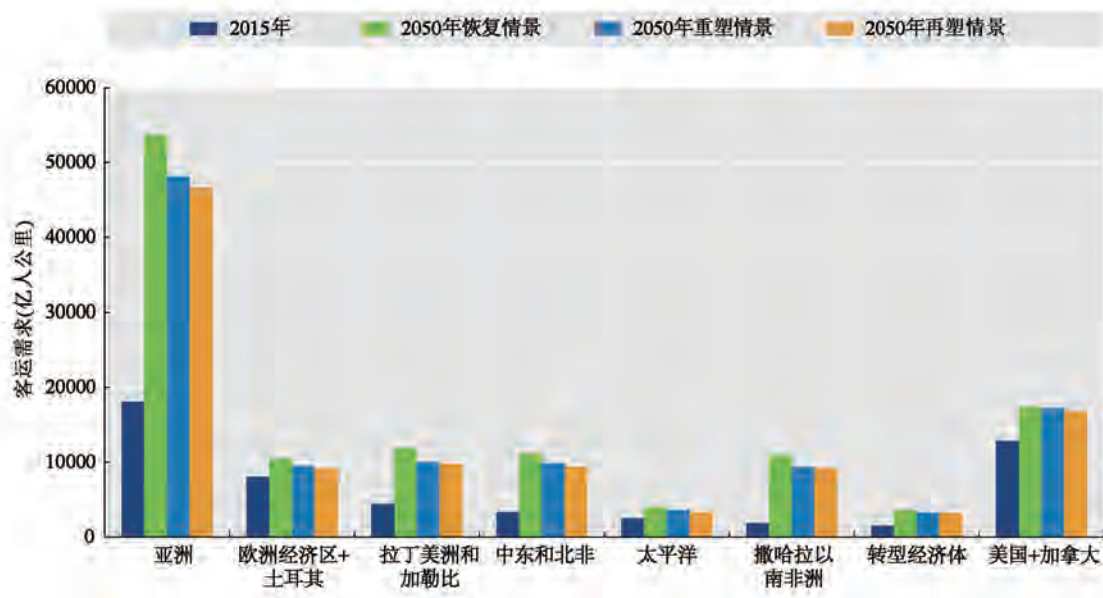


图 2-4 到 2050 年全球各地区的客运需求

注:本图表示 ITF 模拟的估算。恢复情景、重塑情景和再塑情景是模拟的 3 种情景,代表疫情后交通脱碳政策逐渐递增的雄心。国际航空需求归属于出发国。

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934238413>

## 2.2.2 货运需求

货运需求继续增长,但由于新冠肺炎疫情危机产生的经济影响,增幅减缓(图 2-5)。在重塑和再塑情景下,全球对化石燃料的消耗减少,降低了这些资源的运输需求。这两种情景下,3D 打印的影响相对较小,但仍然减少了部分交通需求。3D 打印所需的材料一般都是原料,运输时荷载率比成品要高(Wieczorek, 2017<sup>[10]</sup>; Chen, 2016<sup>[11]</sup>)。再塑情景下设定的贸易区域化产生的对外影响进一步减缓了货运的增长。

无论在哪种情景下,海路运输都仍然是主要的货运模式,吨公里数占比达到 70% 以上(图 2-5)。在再塑情景下,由于进口/出口运输活动减少,特别是远距离的跨区域贸易,所以海上贸易的份额也小幅下

跌。空运和铁路运输活动在所有情景下都呈增长趋势。空运在货运部门所占的份额仍然很小,吨公里数占比不到1%。质量较轻但价值较高的商品一般倾向于空运。城市货运总体遵循一样的增长模式:所有情景下,城市货运在2015年的基础上都有增长,但重塑情景下增幅较缓,再塑情景下更甚。包裹派送,如城市货运中的派送,如果是以吨公里数计,则可以算是少量的,但这些包裹质量体积比很小,所以它们实际上造成了大量的出行次数,车公里数占比很大。在城市货运中,包裹的增长预计将超过其他商品。

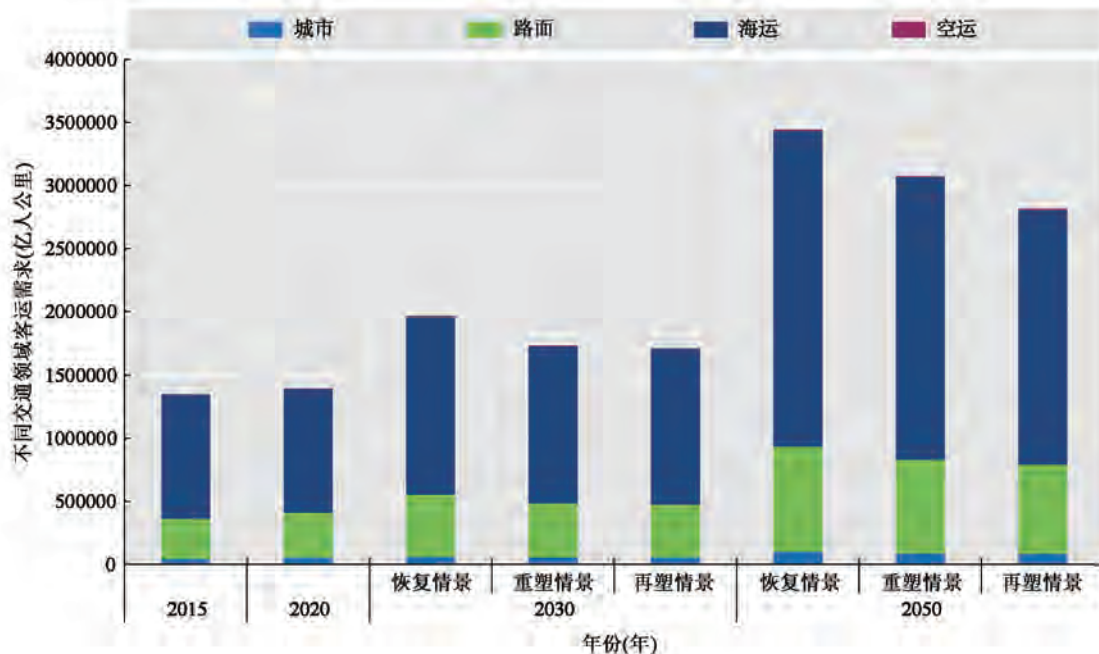


图 2-5 到 2050 年全球不同交通模式的货运需求

注:本图表示 ITF 模拟的估算。恢复情景、重塑情景和再塑情景是模拟的 3 种情景,代表疫情后交通脱碳政策逐渐递增的雄心。

路面交通包括公路及铁路,以及内陆水运完成的货物运输,不包括城市货物运输。空运占总需求的不到 1%。

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934238432>

化石燃料出行在所有国际交通活动中的占比到 2050 年之前将从 2015 年的 29% 下跌至最低 8%。在恢复情景下,这个占比在 2050 年是 17%。在重塑情景下,这个占比“腰斩”至 8%。在再塑情景下,相较于 2015 年的水平跌幅更大,但仍保持在 8%,因为其他商品也在以较缓慢的速度增长。化石燃料使用量减少,将对不同地区的进口和出口产生重大影响。2015 年,化石燃料占到欧洲经济区 (EEA) 和土耳其与进口相关的交通活动的一半左右。在重塑情景下,化石燃料进口到 2050 年将下降 51%,而在再塑情景下下降 53%。世界范围内,重塑情景下,总进口增长 129%,而在再塑情景下增长 108%。转型国家 (即苏联和非欧盟的东南欧国家) 和 MENA,对化石燃料出口的依赖比较严重,在重塑情景下,从 2015 年到 2050 年,出口引起的运输活动分别下跌 21% 和 27%。在再塑情景下,降幅分别为 26% 和 32%。

图 2-6 反应了各地区的路面货运需求。路面运输产生的吨公里数 (所有情景下占比都小于总需求的 30%) 可以归属到地区,但是海运或空运产生的吨公里数却很难归属到具体的国家。国际水域的货运活动受到国际海事组织 (IMO) 的管辖。国际民航组织 (ICAO) 则负责管理国际货物空运。货物空运的吨公里数占比不足 1%。图 2-7 显示了发生海上活动的海洋区域。

亚洲的路面货运需求最大,正如在恢复情景下所示,在当前的政策下,需求可能会增长 3 倍。通过公路、铁路以及内陆水运完成的货运活动,相对增长幅度最大的地区是撒哈拉沙漠以南的非洲地区 (SSA),货运需求可能增长 4 倍。但是,从绝对数字来看,这个地区的需求是最少的。在再塑情景下,到 2050 年世界大部分地区的货运需求将比恢复情景下的水平减少 15% ~ 24%,但是拉丁美洲和加勒比地区 (LAC) 以及欧洲经济区和土耳其除外。2050 年,欧洲经济区和土耳其可以将需求减少 8%。LAC 地区路面货运在再塑情景下相较重塑情景下,有轻微增长。再塑情景下设定的贸易区域化有助于推动区

域内的贸易,导致路面运输的吨公里数增加;但如果再考虑到海运的进口和出口活动,总体来说,货运活动是减少的。

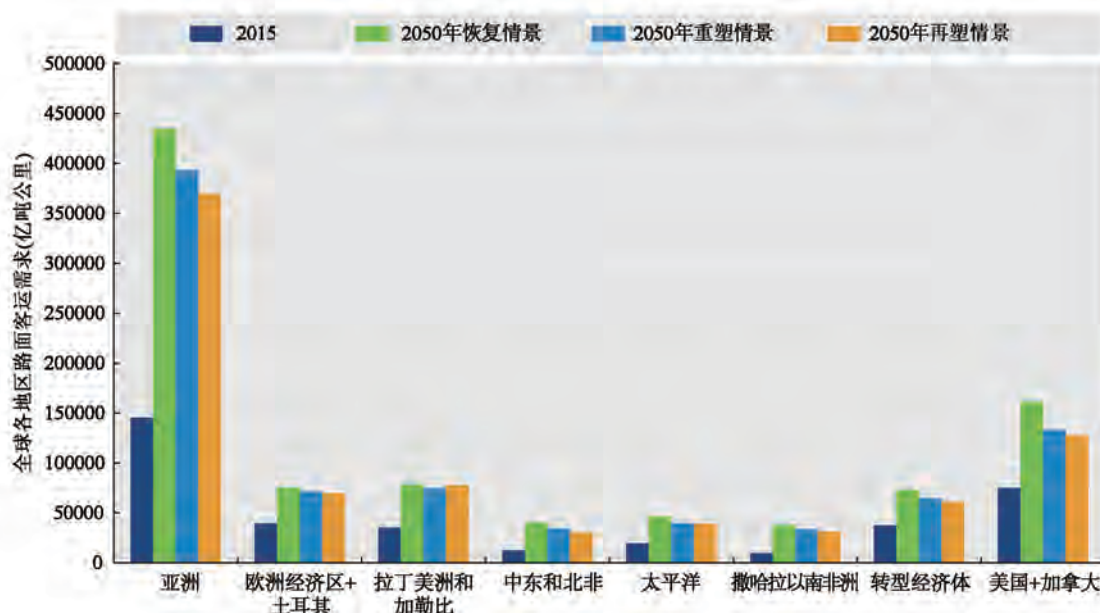


图 2-6 到 2050 年全球各地区的路面货运需求

注:本图表示 ITF 模拟的估算。恢复情景、重塑情景和再塑情景是模拟的 3 种情景,代表疫情后交通脱碳政策逐渐递增的雄心。路面货运包括公路、铁路和内陆水运。国际海运和空运不包括在内。

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934238451>

如图 2-7 所示,北太平洋和印度洋的货运活动最多,且在所有情景下都预计将增长 2 倍。北大西洋 2015 年的货运活动水平与上述两者差不多,但未来不会增长到相同的程度。IMO 负责为海上货运脱碳制定措施和目标。然而,船运的国际属性还要求运营商、所有方、船旗国以及港口国加强协调与合作。各个国家往往不愿单独行动,担心严格的限制措施会影响自身的竞争力。

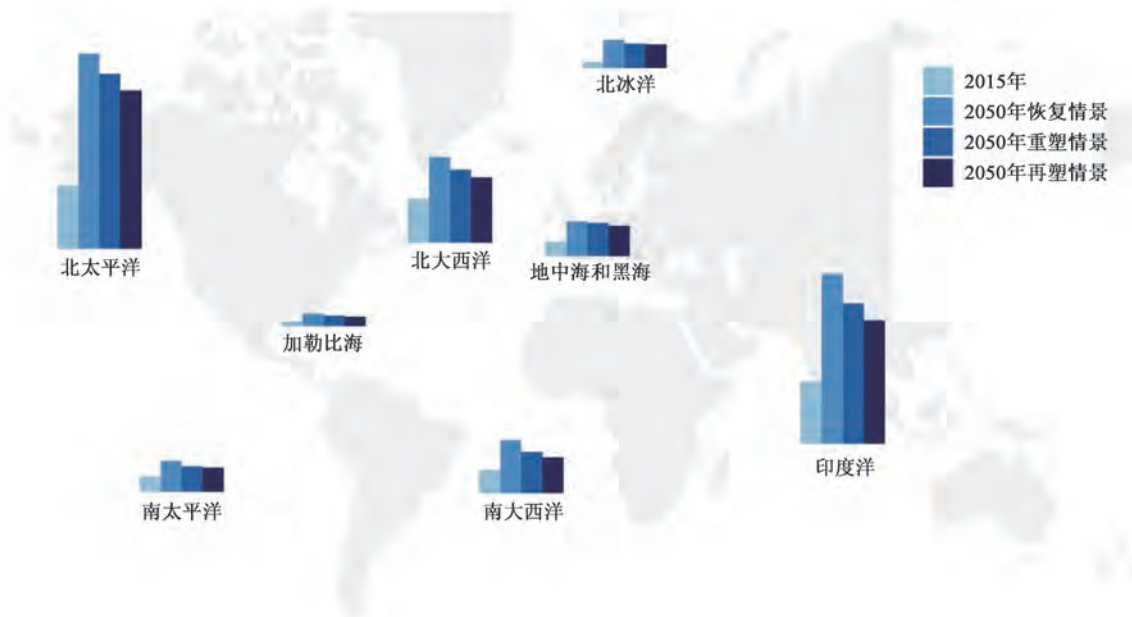


图 2-7 到 2050 年全球不同地区海上货运的预计需求

注:本图表示 ITF 模拟的估算。恢复情景、重塑情景和再塑情景是模拟的 3 种情景,代表疫情后交通脱碳政策逐渐递增的雄心。



## 2.3 交通排放和气候目标:我们是否还能实现?

将全球气温上升限制在《巴黎协定》规定的“远低于 2°C”并尽力将增幅限制在 1.5°C (UN, 2015<sup>[12]</sup>),意味着要将累积温室气体(GHG)排放限制在有限的“碳预算”之内。随着温室气体排放在大气中累积,措施落实得越早,限制气候变化的可能性越高。作为 IPCC 关于 1.5°C 内的最新特别报告的一部分,一些学术机构模拟了全球所有经济部门的高雄心脱碳情景。这些“综合系统”的模拟结果显示,为了将全球气温上升限制在 1.5°C,避免超过碳预算,交通部门的 CO<sub>2</sub>年排放量必须在 2030 年之前下降至 59 亿吨,在 2050 年之前下降至 26 亿吨(IPCC, 2018<sup>[13]</sup>)。尽管剩余碳预算的规模仍存在很大程度的不确定性,但这些中值估计可以用来衡量实现气候目标所需的雄心水平。

恢复情景下的 CO<sub>2</sub>排放无法达到气候目标。图 2-8 所示为《ITF 交通运输展望 2021》中 3 个情景下交通部门的年度 CO<sub>2</sub>排放量。在恢复情景下,由于出行需求上升,向节能交通模式的转变有限,以及政策制定者没有推出进一步的刺激,导致低碳车辆技术的推广度有限,所以交通排放持续增长。2030 年 2050 年 CO<sub>2</sub>的年度排放量将分别达到 75 亿吨和 85 亿吨,意味着恢复情景不足以实现巴黎气候目标。

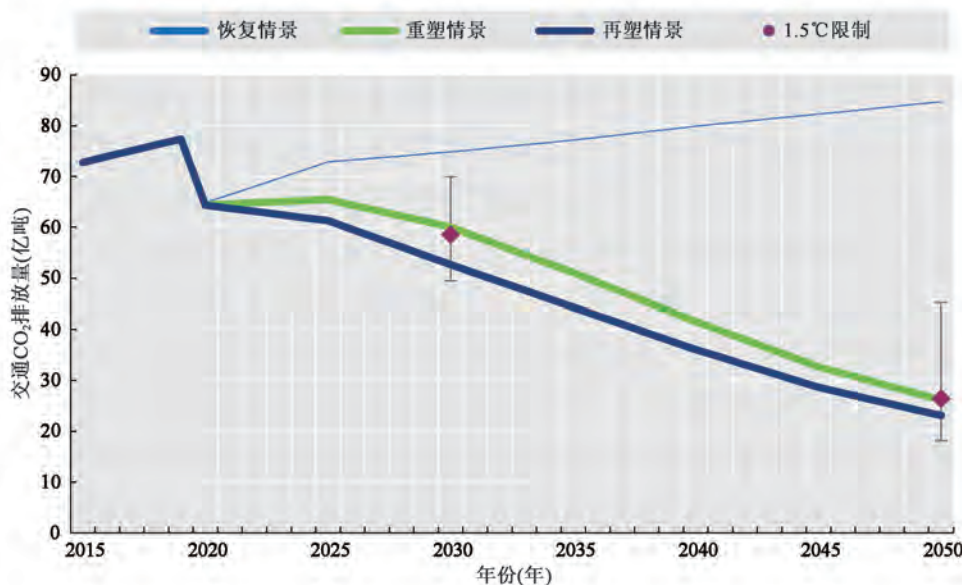


图 2-8 三种情景下未来的交通 CO<sub>2</sub> 排放

注:本图表示 ITF 模拟的估算。恢复情景、重塑情景和再塑情景是模拟的 3 种情景,代表疫情后交通脱碳政策逐渐递增的雄心。

本交通运输展望使用的模型一般是以 5 年为增量,因此,2020—2025 年的恢复趋势虽然在图中是线性的,但实际上未必是。这条“恢复”曲线的形状取决于政策的实施的经济轨道。IPCC 1.5°C 代表将全球气温上升控制在 1.5°C 所需控制的排放程度,详见 IPCC 的介绍(2018<sup>[13]</sup>)*IPCC, 2018: Summary for Policymakers. In: Global Warming of 1.5°C, <https://www.ipcc.ch/sr15/>*。计算数据来源于 <https://data.ene.iiasa.ac.at/iamic-1.5c-explorer> 以及 ICCT(2020<sup>[14]</sup>), [https://theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT\\_Vision2050\\_sept2020.pdf](https://theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_Vision2050_sept2020.pdf)。

在估算每年的排放中值之前,选择的是碳预算超额较小或没有超额的交通部门排放路径,误差条是情景下的第 25 个和第 75 个百分点数。黑碳排放不包括在内,ITF 或 IEA MoMo 模型也没有对黑碳进行估算。

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934238470>

再塑情景下的政策日程实现气候目标的确定性较大。重塑和再塑情景都有实现《巴黎协定》气候目标的可能性。重塑情景下采取的决定性政策行动成功地将交通活动转向更可持续的模式,提升能源效率,并迅速大规模地推广电动汽车和低碳燃料的使用。重塑 + 情景下的政策充分利用疫情后经济刺

激计划所带来的有利趋势,推动减排技术和措施尽快产生效用,进一步减少排放。

城市客运的脱碳潜力最大。图 2-9 所示为恢复和再塑情景下各交通部门的年度 CO<sub>2</sub> 排放量。在恢复情景下,货运和非城市客运产生的排放持续增加,而城市交通的排放保持相对恒定。相反,在再塑情景下,所有交通部门的排放都随着时间而减少。在高雄心政策下,排放下降最快的部门可能是城市客运;2050 年的年度排放量可能比 2015 年减少约 79%。有许多方式可以实现城市交通脱碳,快速减少碳排放。城市交通绿色化的主要途径包括将出行模式从私家车转向其他模式、刺激低排放车辆的使用以及将燃料需求转向低碳能源(如可再生能源产生的电力)。此外,通过土地使用政策提高城市密度,以及远程工作越来越普遍,也可以减少交通需求。

长途客运和货运面临着巨大的减排障碍。很难将这两种交通需求转变至更具可持续性的模式,而且低碳燃料仍然无法实现大规模供应。电池的能源密度没有化石燃料高,限制了空运和海运的电气化进程。其他备选燃料,例如氢、氨以及合成燃料,目前的技术尚未完全成熟(ITF, 2020<sup>[15]</sup>)。因此,提升能源效率对减少货运和长途客运产生的排放至关重要。在更具雄心的再塑情景下,能效提升可帮助非城市客运到 2050 年之前将排放从 2015 年的水平减少 57%,而货运排放可减少 72%。如果没有重大的政策转向,按照当前的轨道,这两个部门的排放在未来几十年将继续增长,快速消耗剩余的碳预算。

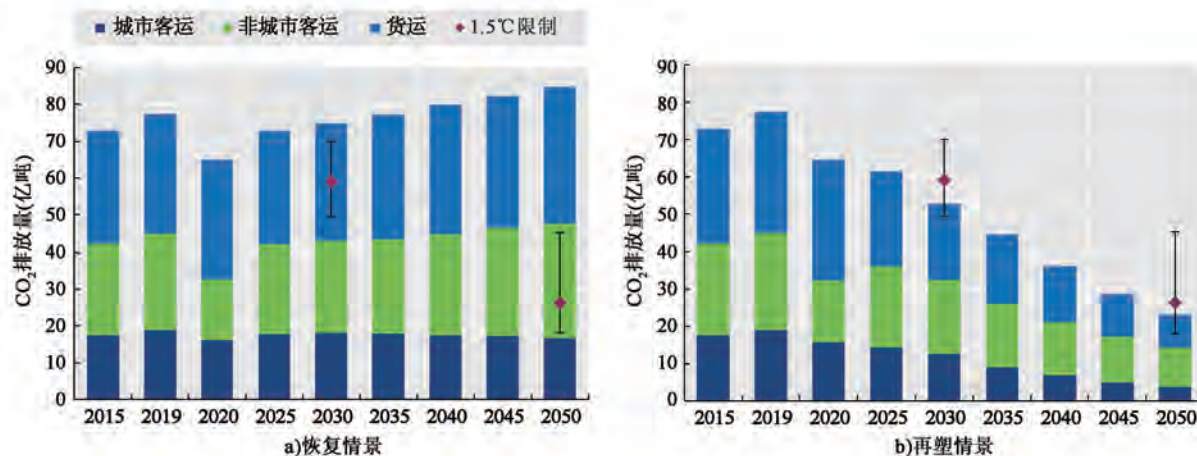


图 2-9 到 2050 年城市客运、非城市客运以及货运产生的 CO<sub>2</sub> 排放

注:本图表示 ITF 模拟的估算。恢复情景和再塑情景分别代表模拟的最保守的情景和最具雄心的情景。柱状图代表恢复(左)和再塑(右)情景下城市客运、非城市客运及货运油箱到车轮的排放。IPCC 1.5°C 代表将全球气温上升控制在 1.5°C 所需控制的排放程度,详见 IPCC 的介绍(2018<sup>[13]</sup>) IPCC, 2018: *Summary for Policymakers. In: Global Warming of 1.5°C*, <https://www.ipcc.ch/sr15/>。计算数据来源于 <https://data.ene.iiasa.ac.at/iame-1.5c-explorer> 以及 ICCT(2020<sup>[14]</sup>), [https://theicet.org/sites/default/files/publications/ICCT\\_Vision2050\\_sept2020.pdf](https://theicet.org/sites/default/files/publications/ICCT_Vision2050_sept2020.pdf)。

在估算每年的排放中值之前,选择的是碳预算超额较小或没有超额的交通部门排放路径,误差条是情景下的第 25 个和第 75 个百分位数。黑碳排放不包括在内,ITF 或 IEA MoMo 模型也没有对黑碳进行估算。

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934238489>

在更具雄心的情景下,政策措施是推广低碳技术的关键力量。车辆技术在发达经济体中的推广速度最快,模型中主要以 OECD 国家为代表,此外,还有中国等其他发展较快的经济体。车辆技术在发展中经济体的推广速度相对较慢。将净零排放作为国家政策或者还有其他雄心勃勃的国家减排承诺的国家,实现脱碳目标的速度比其他国家更快。例如,如果国家坚定承诺逐步淘汰内燃机,则有助于电动汽车的推广。相反,在没有燃料经济标准或类似规定的国家,车辆的效率提升可能就比较小。

美国和加拿大,以及欧洲经济体和土耳其虽然人口数量仅占全球人口数量的 13%,但 2015 年产生

的交通排放比世界其他地方加起来都多。未来的趋势显示,未来几十年发展中经济体的排放占比会越来越来大。在恢复政策下,只有收入相对较高的地区——欧洲经济体及土耳其、OECD 太平洋国家和美国及加拿大,预计在 2015—2050 年,得益于交通需求相对恒定以及车辆技术的小幅改进,年度排放量会有减少。相反,在恢复情景下,非 OECD 国家由于收入和人口增加,排放有可能会迅猛增加。在更具雄心的情景下,所有地区的排放量都可以实现大幅下降。图 2-10 是每个情景下各地区 2015—2050 年的年度 CO<sub>2</sub> 排放情况。

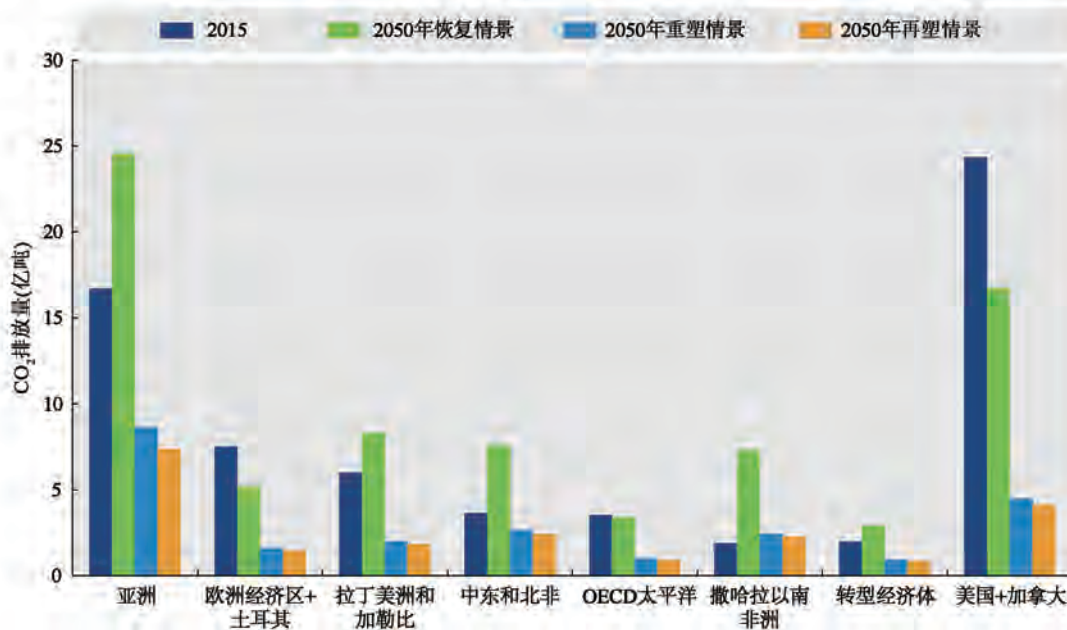


图 2-10 到 2050 年世界各地区的交通 CO<sub>2</sub> 排放

注:本图表示 ITF 模拟的估算。恢复、重塑和再塑是模拟的 3 种情景,代表疫情后交通脱碳政策逐渐递增的雄心。不包括国际海运和航空货运产生的排放。国际航空需求归属于出发国。

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934238508>

考虑到新冠肺炎疫情的经济影响,本交通运输展望中的 GDP 和贸易预测根据疫情前的预测水平进行了调整,对 2020 年之后的年份设定了 5 年的时间停滞。例如,2030 年的 GDP 预测被设定为疫情前 2025 年的水平。对于经济复苏,从比较乐观的迅速反冲到低迷的复苏预期,存在许多不同的预测。未来实际的交通需求和 CO<sub>2</sub> 排放也取决于实际的复苏之路。

为了更好地理解 GDP 增长和贸易预测中设定 5 年滞后的影响程度,以新冠肺炎疫情前的经济预测为设定,对再塑情景进行了评估。图 2-11 是再塑情景下,GDP 的 5 年滞后设定对 2050 年 CO<sub>2</sub> 排放的影响。按照疫情前的经济增长趋势,非城市客运产生的 CO<sub>2</sub> 排放要多出 6%, 货运的 CO<sub>2</sub> 排放多出 7%。经济增长滞后对城市客运排放的影响有限:比没有设定滞后的情景低 2%。GDP 对货运和非城市客运的影响比较明显,因为这两个部门对收入更加敏感。如果是看 2015—2050 年的增长情况,非 OECD 国家的城市客运和 GDP 捆绑程度较深,但其影响并不是线性增长的。到 2050 年,非 OECD 国家和 OECD 国家之间交通需求对 GDP 的弹性差异已经缩小了很多。随着国家变得越来越富裕,释放了潜在的需求,对 GDP 的敏感性将逐渐下降。因此,到 2050 年,在较高雄心的脱碳政策下(正如再塑情景所述),全球范围内的城市客运对 GDP 设定的反应都不再那么强烈。

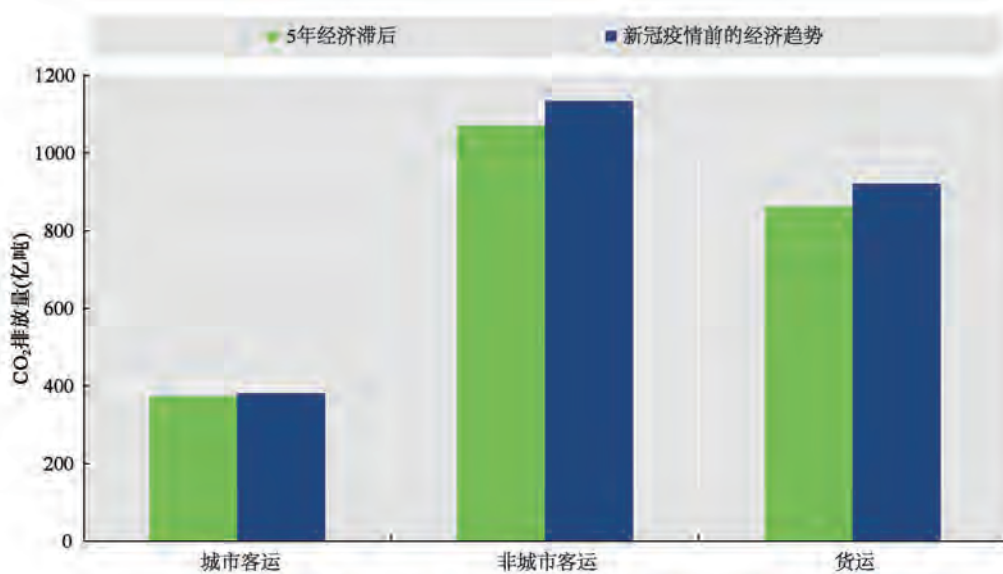


图 2-11 疫情后不同复苏路径对交通 CO<sub>2</sub> 排放的影响

注:本图表示 ITF 模拟的估算。《ITF 交通运输展望 2021》对 2020 年之后的经济活动设定了 5 年滞后,模拟新冠肺炎疫情带来的经济影响。为了说明经济活动对交通排放的影响,这张图选取本交通运输展望中最具雄心的脱碳政策下,即再塑情景下的 CO<sub>2</sub> 排放,并列对比了 5 年滞后设定下和疫情前经济趋势下的排放结果。

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934238527>

## 2.4 交通排放和社会公平:谁为脱碳买单?

目前尚不确定研发中的技术未来是否能够大范围地扭转 CO<sub>2</sub> 排放上升的趋势,因此在短期内也必须采取有效的减缓措施。本交通运输展望中的模拟情景表明,正确的政策可以推进交通脱碳进程,并促进更广泛意义上的可持续发展。模拟结果显示,由于所有地区都付诸行动,脱碳政策可以缩小不同地区之间人均 CO<sub>2</sub> 排放的差异。然而,为这些倡议提供资金的责任并没有公平分摊。各国之间和各国内部在排放贡献、气候变化后果和经济机会上存在的不平等意味着减排行动和资金的责任没有平等分配。

考虑到交通对个人福祉的重要影响,所有的脱碳努力在追求 CO<sub>2</sub> 减排时,都不能牺牲人们的机遇通道。对弱势群体来说尤其如此,他们的机遇获得一直以来就被大多数的交通系统所轻视。

雄心勃勃的脱碳政策将缩小地区之间的排放不平衡。美国和加拿大的人均 CO<sub>2</sub> 排放是世界其他地区居民的 4 倍以上,有时甚至是 36 倍。在再塑情景下,这个差异可以被缩小至 2.3 ~ 9.4 倍。如果实施最具雄心的政策日程,美国和加拿大到 2050 年的排放大约是拉丁美洲及加勒比地区(LAC)2015 年的人均排放水平。美国和加拿大的人均 GDP 最高,因此有基础可以为低碳转型提供资金,使所有地区的人均排放实现最大幅度的相对减少:到 2050 年交通 CO<sub>2</sub> 排放减少 86%。图 2-12 显示了 2015 年的人均交通 CO<sub>2</sub> 排放情况、各地区在不同政策情景下的排放趋势以及 2015 年和 2050 年的人均 GDP 估算值。尽管人口数量不断增长,但撒哈拉沙漠以南的非洲地区仍然是 2015—2050 年人均排放最低的地区。该地区的人均 GDP 也最低。在再塑情景下,欧洲经济体及土耳其到 2050 年可以将人均排放水平降低至 2015 年水平的 20%,LAC 和 OECD 太平洋国家可以降低至 25%。LAC 地区可以将 2050 年的排放减少至 2015 年的 20% 左右。中东和北非地区以及转型国家的人均排放下降幅度没有这么明显,但到 2050 年也可降至 2015 年水平的 40%。如果没有其他政策介入,按照当前的轨道,亚洲、LAC、中东和北非地区、撒哈拉沙漠以南的非洲地区以及转型经济体的人均排放量预计在未来 30 年都将继续上升。

脱碳的全球成本责任与累积排放相关。那些长期以来见证着以化石燃料为基础的行业蓬勃发展的地区,累积排放最多,在油煤时代获取的经济利益最大。过往累积的经济利益为这些国家提供了优先获

得资本和技术的特权,因此这些国家也就有了对脱碳进行投资的基础。它们可以为 CO<sub>2</sub> 累积排放较少的地区采取气候行动提供支持。资本投资和技术转移可以帮助这些地区超越以往的交通系统,在以前的系统中,发展中地区会产生大量排放 (Kosolapova, 2020<sup>[16]</sup>)。联合国总结认为,全球有足够的资产可以资助可持续发展。但是,可利用的资本目前没有渠道按照所需的规模和时间框架尽快流向这些目标,帮助实现《巴黎协定》和 SDGs (联合国, 2019<sup>[17]</sup>)。调动资本支持清洁交通的发展,并为最需要、全球气候行动最关键的地区提供帮助,有希望弥合经济和社会不平等,推动世界走向更加绿色、更加公平的未来。

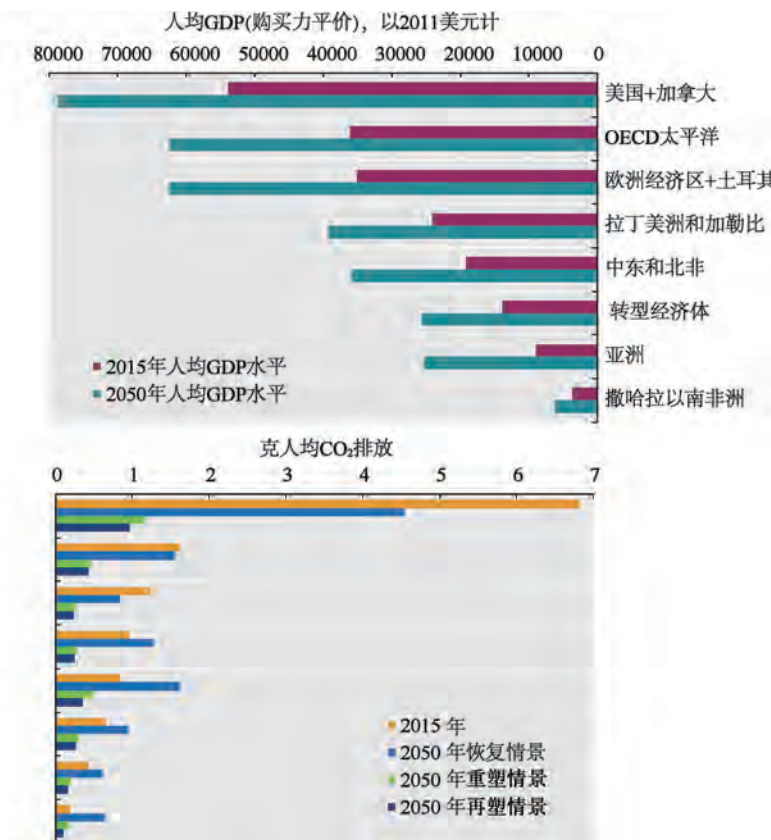


图 2-12 到 2050 年世界各地的人均交通 CO<sub>2</sub> 排放和 GDP

注:本图表示 ITF 模拟的估算。恢复情景、重塑情景和再塑情景是模拟的 3 种情景,代表疫情后交通脱碳政策逐渐递增的雄心。本图表示的是油箱到油轮排放。国际海运或航空货运产生的排放不归属于国家,因此被排除。国际客运产生的排放归属于出发国。

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934238546>

更大的脱碳雄心意味着更加公平和更具韧性的城市交通——如果得以妥善落实。城市交通有很大的空间可以协调环境可持续目标和福祉目标。如果一个客运系统可以让用户以可负担、可靠、便利、安全的方式满足需求而不必拥有私家车,那这个系统相较于当前的大多数系统,不仅更具可持续性,也更加公平。汽车的作用确实重要,但交通系统不应将其作为所有人的默认选项。上述交通系统还可以解决拥堵、空气污染以及道路安全等不可忽视的负面外部影响,同时减少安置私家车目前所占的空间。

本书第 3 章更加详细地讨论了重塑和再塑情景下设定的更高雄心的脱碳政策可以如何提升城市交通系统的可及性和韧性。此外,还详细指出了政策制定者为了确保政策公平落实应该解决哪些攸关平等的事宜。在城市环境下,旨在重新分配道路空间的诸多措施以及定价机制,还有对可负担且安全的公共交通、共享交通、主动出行和微出行模式的投资,都有助于减少私家车的使用,减少城市的蔓延扩张。这些举措更好地满足了低收入人群、女性、年龄较大及年龄较小人群的需求,因为他们都更依赖私家车以外的交通模式。如果能推动主动出行模式获得更好的发展,对女性的出行将尤为有益 (Miralles-Guasch, Melo 和 Marquet, 2015<sup>[18]</sup>)。

不断改进的车辆和燃料技术通过创新推动交通运输的脱碳以及经济的发展。激励共享交通及公共交通采用清洁技术,对降低人们时私家车的依赖度发挥着尤为重要的作用(Buckle 等,2021<sup>[19]</sup>)。共享及公共车辆的使用密度比私家车更大,因此清洁技术可产生的影响更大。它们的流通量也更高,所以它们是新技术推广的理想试点,正确的政策刺激可以进一步加快新技术的应用。将数字技术应用于车辆操作,例如,用于优化路线或者提供实时用户反馈,可以提高能源效率、减少拥堵、提升安全性,并促进经济增长。

收入较低的市民不应该为脱碳承担高昂负担。碳定价及道路定价机制有助于减少污染较高的交通模式的使用,如私家车等,在落实的过程中要注意不应不公平地加重低收入人群的负担。定价机制在管理非城市客运需求方面具有非常重要的作用,本书第3章和第4章会详细论述。在世界某些地方,由于缺少其他交通选项,很多家庭不得不使用私家车或机动车。买不起新型清洁车辆的人,相较于买得起的人,可能会面临更高的成本,因为清洁车辆可以免除多种收费或者适用优惠率。定价机制在航空领域也能产生较大的影响。其实大部分航空出行都是由一小部分富裕人口产生的,因此为航班定价,可以更清楚地反映他们的碳足迹,也可以将成本转移到产生排放的人身上(Gössling 和 Humpe,2020<sup>[20]</sup>)。

那些会对市民产生额外财政负担的政策应该首先分析分配影响。谁会因为额外的开支受到影响,影响的程度有多大,这些都是不一定的。影响因素包括出发地和目的地的空间分布、可用的交通选项、备用交通选项的成本和可靠性以及家庭面临的限制。可以采取辅助措施,帮助减轻这些群体的整体经济负担。例如,瑞典在提高能源产品征税的同时,降低了所得税税率(Speck,1999<sup>[21]</sup>)。从全球各地区层面上看,定价政策对发展中经济体的影响可能比对发达经济体更明显。再塑情景下不同地区之间人均出行需求的差异比在恢复情景下更明显。而即便实施了定价政策,2015—2050年各地区之间非城市活动的差异仍将缩小(改善)。最后,除非提供更加可持续、可靠以及可负担的备用交通选项,否则经济措施无法在减少CO<sub>2</sub>排放的同时,成功地维持或提升可及性。重点在于提供可行的备用交通选项,在规划土地使用时考虑到为这些选项提供支持。

拖延脱碳会增加货运成本。在重塑和再塑情景下,随着供应链缩短以及碳定价机制启用,高排放交通模式的货运成本也相应增加。在再塑情景下,那些距离全球主要消费中心较远的地区或货运部门脱碳程度不足的地区,出口的平均运输成本将上升。中东和北非和撒哈拉沙漠以南的非洲地区尤其如此。如果不加快这些地区的脱碳进程或减轻相关国家受到的消极的成本影响,全球货运可能会显得不公平。必须优先考虑对资产较少的地区进行技术转让和投资,避免产生过高的成本,并确保脱碳措施所产生的所有成本收益不会全部由最有能力脱碳的地区一方独占。

重塑情景下,2050年之前欧洲经济体和土耳其的交通运输成本下降幅度最大。欧洲地区实施了一些最具雄心的政策,既减少了排放,又提高了效率,降低了成本。此外,其转向城市轨道交通的势头比其他地区更强,也是原因之一。

## 本章要点

(1)所有情景下交通需求都会增长,但在更具雄心的脱碳政策下,增幅要小很多。脱碳的雄心越大,交通需求与GDP增长的解绑程度就越高。

(2)在疫情之后实施更具雄心的脱碳政策有助于实现巴黎气候目标。继续疫情前的政策无法实现这些目标。

(3)发达国家CO<sub>2</sub>排放量最高,且同时拥有最好的资本渠道为交通脱碳提供资金。为了避免不平衡,发达国家应该确保人均排放较低的发展中国家也可以过渡至清洁交通。

(4)脱碳政策必须谨慎实施,必须考虑到可能存在的分配影响并确保脱碳措施符合平等及福祉目标。

## 第3章 城市客运：城市可以使出行更可持续、公平和富有韧性

本章阐述了城市客运在控制温室气体排放、提升机遇可达性以及刺激经济从新冠肺炎疫情后恢复等方面可发挥的重要作用。本章介绍了3个情景下的未来城市客运需求及产生的CO<sub>2</sub>和本地污染物排放以及对民众可达性的影响。此外，本章还探讨了脱碳倡议将如何帮助减少不平等并改善城市交通系统的韧性。

### 概要

持续的城市化要求可持续、可及且坚韧的交通

城市交通占客运温室气体排放的40%。2015—2050年，城市客运需求在经历新冠肺炎疫情导致的短暂下跌之后，总体增幅可能仍然达到2倍以上。除非城市减少交通排放，否则城市交通的发展可能会危及《巴黎协定》气候目标的实现。

如果能够采取比当前承诺更具雄心的行动，则即便持续的城市化进程导致交通需求不断增加，到2050年之前城市客运排放仍然可以削减近80%。在雄心勃勃的情景下，居民的出行方式更加智能、更可持续，理想目的地的可达性也更高。相反，如果继续当前的政策，则30年后城市交通排放量会依然保持在与现在大致相同的水平，仅比现在减少5%。

避免不必要的出行，转向更可持续的交通模式、改进车辆和燃料技术将发挥决定性的作用。降低城市居民对私家车的依赖程度，是城市交通脱碳的关键。城市客运产生的排放中，有3/4来自私家车。2015年，私家车出行占全球城市出行的一半，是所有公共交通活动的2.6倍。由此产生的经济、环境及社会成本都是巨大的：过度使用汽车会导致健康问题，加剧社会不平等，助长对化石燃料的依赖，阻碍交通拥堵问题的解决。

不断提升公共交通、共享交通以及主动出行服务，减少城市中增加私家车使用的诱因，可以加速脱碳进程，并使城市为更多人提供可达性更高的机遇。综合土地使用规划和交通政策制定，可以有效地为其他比私家车成本更低、排放更少、更节省空间的市内出行模式提供支持。

严格的气候政策也能帮助城市交通系统提升韧性。市民出行选择越多，就意味着对某一种交通模式的依赖性越小，因此应对干扰的灵活性也越强。转向可持续、平等且坚韧的交通系统的道路就在我们面前。我们现在需要雄心勃勃的政策引导我们选择正确的方向。

综上所述，我们提出以下政策建议：

- (1) 帮助城市提高能力建设，实现城市交通脱碳，提升可达性，改善福祉。
- (2) 优先投资可持续的城市交通，而不是城市内的道路。
- (3) 提升公共交通的质量，提供更包容、更可靠的服务。
- (4) 综合土地使用和交通规划，支持以社区为中心的城市可持续发展模式。
- (5) 鼓励城市车辆绿色化。
- (6) 鼓励交通创新，与新型城市交通服务提供商合作，实现效益最大化、成本最小化。
- (7) 综合推进交通脱碳与韧性提升，以可持续的方式满足未来的需求，抵御干扰。

随着全球城市化进程的不断推进,城市内的客运需求也不断增加。从全球范围来看,市内出行需求远超其他客运出行需求。在当前的政策下,ITF 预计全球的出行活动到 2050 年将比 2015 年增长 163%。由于基础设施、人口和服务密集,城市长期以来都是创造力和创新的港湾。尽管疫情后复苏存在着诸多不确定性,但城市在率先实施公平的减缓气候变化方案上依然拥有独一无二的优势。通过这些方案,城市可以可持续的方式满足日益增长的需求。在适当的条件下,城市化可以成为交通脱碳的机遇,而非挑战。

城市客运占客运温室气体(GHG)排放总量的 40%。ITF 模拟的情景说明,通过采取雄心勃勃的脱碳政策,利用疫情后的复苏将重点转移到脱碳事业上,到 2050 年,与城市客运相关的 CO<sub>2</sub> 排放可以比 2015 年水平减少近 80%。通过综合交通和土地使用规划建设更加密集的社区,推进以公共交通为导向的发展(TOD),提供安全的主动和微出行模式,对于减少出行距离、提升可持续交通模式的便利度具有重要意义。据估计,如果能与公共交通及主动交通实现良好的整合,共享出行和微出行等新模式在可持续交通格局中将发挥越来越重要的作用。此外还需改进私家车以及公共汽车的车辆技术,并重新分配和重新设计道路空间,为可持续交通模式提供更好的支持。

新冠肺炎疫情对城市交通产生了前所未有的影响。由于疫情期间采取的控制措施,城市的公共交通使用、道路交通量以及日常出行都降到了历史低谷。但是,疫情对需求的压制影响可能不会长久持续。在控制措施的空白期,全球许多城市的私家车出行都明显恢复,但公共交通并没有。如果不实行政策干预,公共交通可能会承受更长久的损失。尽管疫情带来了挑战,但是复苏确实为重设我们未来的轨道创造了潜在机会。能否抓住这些机遇取决于地方政府的行动倡议以及国家刺激计划的资金支持。

城市正处于十字路口。城市正努力从疫情中恢复经济。城市正面临着日益严峻的气候变化后果。城市处在解决日益突显的社会不平等问题的前线。城市交通在恢复经济、减缓气候变化以及减少社会不平等方面都具有重要的作用。但是经济、环境和社会政策必须协调一致,这类协调也能提高政策的公众支持度和成本效益。决策者必须转变思维,才能协调不同的政策目标:摒弃筒仓思维,这种思维方式只关注单一的目标,并且会产生消极的外部影响;转向系统性思维,分析政策对不同目标的影响并衡量彼此之间的相互关系。

这种思维转变对交通政策的制定意味着什么?

政策重点应该从适应不断增长的交通增幅与运输量转向提高机遇可达性。为此,政府可以为土地使用及交通的综合规划提供支持,从需求方面出发,优先制定有助于减少出行需求或有助于转向可持续模式的政策。一个更加公平的系统可以让人们利用便利、可负担且可持续的交通模式通过更短的出行距离获得各种机遇和服务,这对于实现环境目标也非常重要。伴随着疫情后复苏带来的不确定性,政府在制定新的政策日程时,也面临着巨大的挑战。本交通运输展望评估了 3 种不同的全球政策情景下,城市交通可能的发展状况。情景模拟的结果展示了交通活动、CO<sub>2</sub> 排放以及本地污染物在不同政策下可能存在的差异。CO<sub>2</sub> 排放代表以 CO<sub>2</sub> 当量表示的 GHGs 总量。本交通运输展望的结果是各项决策的起点。

### 3.1 城市客运脱碳:现状

根据 ITF 的估计,2015 年城市交通产生的 GHG 排放,有 3/4 来自客运。城市的基础设施、人口和服务比较密集,因此相较于非城市地区,可以为非机动化交通、共享交通以及以公共交通为基础的出行提供更大的可能性。但还有许多城市地区主要是个人的机动化出行,随之产生 GHG 排放、空气污染、噪声污染、交通事故及拥堵等诸多问题。这些外部影响会产生消极的健康后果,加剧社会不平等并影响城市居民的整体福祉。相应的经济、环境和社会成本不容忽视。

全球各国政府都在更广泛的交通政策承诺内,提高了对城市交通脱碳的重视度。大约 40% 的国家在 2015 年《巴黎协定》的国家自主贡献(NDCs)中提到了与城市客运相关的措施(ITF/OECD,2018<sup>[1]</sup>)。



这其中包括 54 个发展中及快速发展的经济体 (GIZ, 2017<sup>[2]</sup>)。全球还有一些选定的城市, 当地政府提出的措施进一步加强了国家的承诺。例如, 全球 167 个城市已经承诺在所有重要领域的 GHG 减排上开展合作, 其中也包括交通领域。还有 54 个城市已经制定了符合《巴黎协定》的气候行动计划 (C40, 2020<sup>[3]</sup>)。

由于气候变化及疫情等其他事件, 城市交通系统面临着干扰风险。坚韧的系统应该能够抵御、吸收以及适应干扰影响, 且不会因此停止交通服务的提供。随着全球的极端自然事件因为气候变化而不断增加, 这样的能力显得越来越重要 (Ahmed 和 Dey, 2020<sup>[4]</sup>)。洪水、暴雨、干旱或者城市气温中高于正常值的变化, 会对交通基础设施和服务产生即时及长期的负面影响 (Zhou, Wang 和 Yang, 2019<sup>[5]</sup>; CDP, 2020<sup>[6]</sup>)。此外, 交通对信息技术 (ICT) 的依赖也达到了前所未有的高度。交通、通信或电力系统中的干扰可能会减少甚或暂时消除受影响地区居民的可达性。

在平等转向可持续交通的过程中, 环保雄心应该与更广泛福祉的提升齐头并进。交通部门的任何脱碳努力都不应该使任何群体相比其他群体承受不公平的负担。交通规划的重点从以往的流动性转向可达性, 这种转变对实现上述两个目标非常重要。流动性本身并不是目的, 而是实现目的的一种手段。流动性可以提供合适的通道让人们获得工作、教育、健康服务以及其他基要服务, 从而提升人们的福祉 (OECD/ITF, 2019<sup>[7]</sup>; OECD, 2019<sup>[8]</sup>)。交通可达性和气候影响已经将弱势群体置于最不利的境况下, 让他们不公平地承担了其他人的出行成本 (Banister, 2018<sup>[9]</sup>; 可持续发展委员会, 2011<sup>[10]</sup>; Gough, 2011<sup>[11]</sup>)。城市在实施脱碳政策时, 应该特别注意要扭转而不是加剧这一趋势。

不同的国家及城市会采取不同的脱碳路径。每个国家、每个城市在建设公平、可持续且坚韧的城市交通系统时面临的挑战都不一样。目前 OECD 国家和非 OECD 国家之间的人均排放水平差异非常大, 而会对交通需求产生重要影响的城市化模式, 在世界各地也不尽相同。

OECD 国家的城市居民交通碳足迹最大。排放最高的城市的排放量是排放最低城市的 28 倍。OECD 国家的城市居民人均 CO<sub>2</sub> 排放最多, 而非洲的城市居民以及亚洲某些城市的居民产生的排放最少。OECD 国家和一些快速发展的经济体必须采取措施减少与城市交通相关的人均排放。非 OECD 经济体则需在满足不断增长的交通需求的同时, 注意限制人均排放的增加。图 3-1 所示为 2015 年全世界城市客运产生的人均 CO<sub>2</sub> 平均排放量, 共分成 8 组。

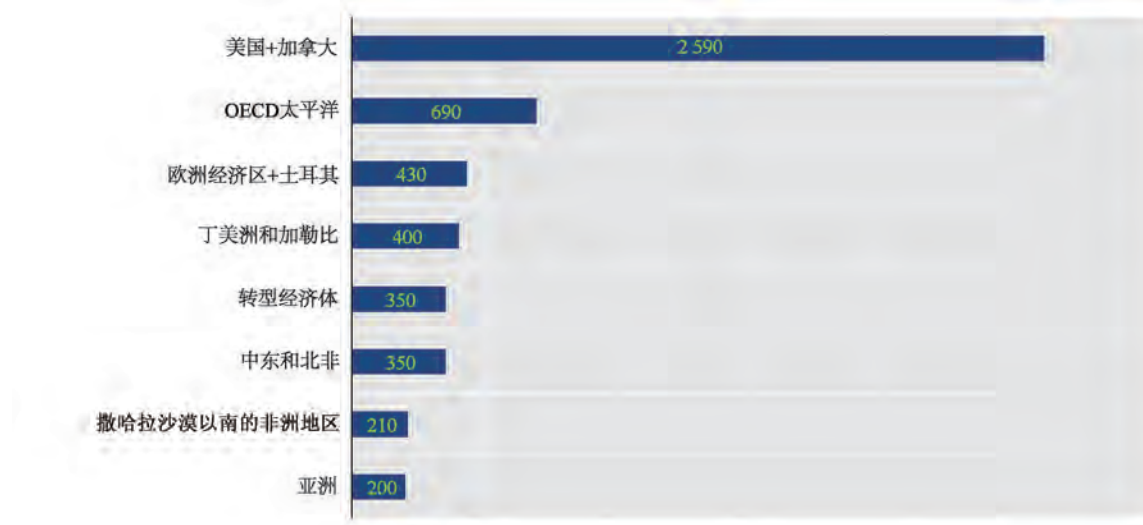


图 3-1 2015 年城市客运的人均 CO<sub>2</sub> 排放

注: 本图代表 ITF 模拟的预测。各地区的平均水平是根据所有城市地区的平均水平计算而得。

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934238565>

随着全球人口不断增加, 城市化进程加速, 城市的交通需求无可避免地会上升。到 2050 年, 将近有 70 亿人将生活在城市中, 这大约是 2015 年全世界人口的数量 (UN, 2018<sup>[12]</sup>)。未来 30 年, 发展中国家

的城市发展速度最快。撒哈拉沙漠以南的非洲地区的城市人口增幅最快,2020—2050年间人口几乎将增长3倍。同时期,亚洲的城市人口将增长2倍。这些地区的政府在以可持续方式满足不断增长的需求的过程中,将面临巨大的压力。

大多数城市中,主要是个人的机动化交通。2015年,超过1/3的客运出行是由私家车完成的,是公共交通的2.5倍,占2015年城市人公里数的一半以上。过度使用汽车带来的对健康的负面影响、社会不平等、对化石燃料的依赖以及拥堵会产生高昂的经济、环境以及社会代价。根据预测,2020—2030年间,全球私家车数量将增长30%以上,到2050年之前数量将达到14亿辆(IEA,2020<sup>[13]</sup>)。早在2015年,全球私家车产生的排放就已经占到城市客运相关的GHG排放总量的3/4(图3-2)。这在很大程度上是由于私家车拥有量持续增长以及平均车型不断变大所造成的。美国和加拿大,放在一起作为一个地区,每1000位居民中就有733辆车,而且在全球对比中,私家车排放的占比也是最高的(OICA,2020<sup>[14]</sup>)。同时,人们对大型运动型多用途汽车(SUVs)的需求不断增长,进一步增加了减碳的难度。美国2018年销售的所有车辆中,有将近一半是SUVs,而跟10年前相比,全球新SUVs的销量占比已经增长了2倍(IEA,2019<sup>[15]</sup>)。

城市该如何应对不断上升的交通需求?落实旨在避免不必要出行或缩短行程距离的政策具有重要作用,但这些政策也必须保障良好的可达性。一些城市脱碳战略严重依赖零排放技术的研发和推广。为了实现《巴黎协定》的气候目标,并建立公平且可持续的交通系统,必须将避免和转向政策放在同等重要的位置。将必要出行转向碳排放较少且空间较密集的交通模式,可以减少对环境、社会及经济的副作用。城市还需提倡先进技术的推广,提升车辆的平均燃油效率。这些政策相互补充,并应该根据地区的适用性平衡地予以落实(Gota等,2019<sup>[16]</sup>)。

交通及土地使用的综合规划对于缩短出行路程以及实现交通可持续化具有重要意义。紧凑的城市发展模式及公共交通规划可以防止效率低而成本高的城市开发。土地用途的多样化和紧凑的开发可以让居民不用通过很长的出行距离就可以满足自己的需求。以公共交通为导向的发展(TOD),即通常定义的混合用途式城市开发,邻近(步行距离)公共交通设施,可以实现上述目标。它将密度较高的混合开发集中在公共交通入口附近,使公共交通更加便利,提升公共交通的客流量,减少人们对私家车的依赖。

应该减少分配给汽车的城市空间。分配给不同交通模式的空间与它们在可持续交通中发挥的重要性并不成比例。汽车是最占空间的交通模式,许多城市也都将空间主要分配给了汽车。例如,2016年弗莱堡(德国)60%的道路空间都是给汽车的,但汽车出行只占到全部出行方式的30%。自行车出行也占到出行方式的30%左右,但自行车基础设施只占有所有道路基础设施的4%左右(Gössling等,2016<sup>[17]</sup>)。这不仅不利于环境,也会对社会和经济产生负面影响。例如,汽车速度快、质量大,可能会对其他比较弱势的道路使用者产生危险,如行人、自行车使用者以及越来越多的微出行用户(ITF,2021<sup>[18]</sup>)。将道路空间重新分配给主动模式、为公共交通设置优先车道以及限制汽车的停放空间,可以帮助城市减少汽车的模式占比。微出行的日益普及给目前的道路以及有限的自行车基础设施造成了压力。如果要使微出行成功地融入交通网络,空间的重新分配就显得更加重要。共享出行也会改变城市对人行道空间的管理方式。随着密集的城市地区不再将满足私家车停放作为重点,人行道也越来越像灵活的多用途空间,可以用于乘客上下车(ITF,2018<sup>[19]</sup>)。

道路空间的管理取决于不断发展的客运及货运需求。轻型商用车的运货量正在增加。自行车出行和不断增加的微出行对城市空间产生了额外的压力。联合管理城市客运及货运交通为更好地分配道路空间和减少拥堵提供了机会。同时,还能改善运输流的分布(Pimentel和Alvelos,2018<sup>[20]</sup>)。本书第5章将详细讨论全球城市货运的主要趋势。对这些问题进行更多的研究,可以更好地理解城市客运及货运活动与政策措施之间的联系。

汽车使用者必须支付停车和驾驶的实际成本。大多数驾驶者只支付了与城市汽车交通相关的一小部分成本;可以说,汽车使用大大超过了最优水平(ITF,2021<sup>[18]</sup>)。只要价格不等于边际社会成本或者

有其他措施限制交通,这种低效率就会持续下去。有很多经济工具和监管措施可以优化需求并减缓拥堵,比如不同形式的道路收费、停车收费以及车辆限制措施等。碳定价适用于所有会产生 CO<sub>2</sub> 排放的交通模式,但尤其针对使用内燃机的私家车,因为这种车辆每人公里产生的 CO<sub>2</sub> 最多。所有减少汽车使用的努力,都应该伴随着对替代汽车出行的低碳交通模式的投资。

新技术的推广需要投资和刺激。鼓励购买电动汽车及其他低碳车辆、对充电基础设施进行投资以及设定燃油经济标准等政策,有利于提倡新技术,为替代私家车提供备用选项(GIZ,2019<sup>[21]</sup>)。通过优化路线,提高载客率以及改善容量使用,共享出行等新型服务的运营效率可以超过私家车。

自动驾驶汽车和电动汽车不是控制排放的万能药。仅依靠自动化和电气化,并不能使未来的交通排放下降至所需的水平(Fulton 等,2017<sup>[22]</sup>)。考虑到汽车自动化及电气化落实过程中会遇到的挑战以及它们将产生的外部影响,它们只能是减排方案的一部分,并不是全部的解决方案。例如,在有些发达及发展较快的经济体,电动汽车的占比迅速增加,但即便它们能效高,也无法解决拥堵带来的消极外部影响。此外,电动汽车减少了本地排放,改善了空气质量,但只有当它们的电力来自清洁能源时,它们才有助于脱碳。自动驾驶汽车有可能会加剧城市的拥堵,尤其是因为助长了空车行驶。自动化及电气化等技术改进因为本身的限制性,要想在交通脱碳方面产生可持续的收益,必须与其他措施相结合,包括旨在减少需求和转向可持续模式的一系列政策。

对于发展中国家而言,改进公共客运系统中的车辆尤其重要。2015 年,受限于正式及辅助客运服务中所使用的车辆技术,拉丁美洲和加勒比地区以及撒哈拉沙漠以南的非洲地区是全球仅有的两个公共交通 GHG 排放最多的地区(图 3-2)。这些地区每个城市中车辆的平均年龄都各不相同,但在秘鲁的利马以及几内亚的科纳克里等城市,车辆的平均年龄可能高达 20 年(Salazar Ferro,2015<sup>[23]</sup>)。车辆改进以及电气化对这些地区未来的减排至关重要。但是,目前辅助客运服务运营中存在的监管模糊对车辆更新提出了挑战(世界银行,2019<sup>[24]</sup>)。

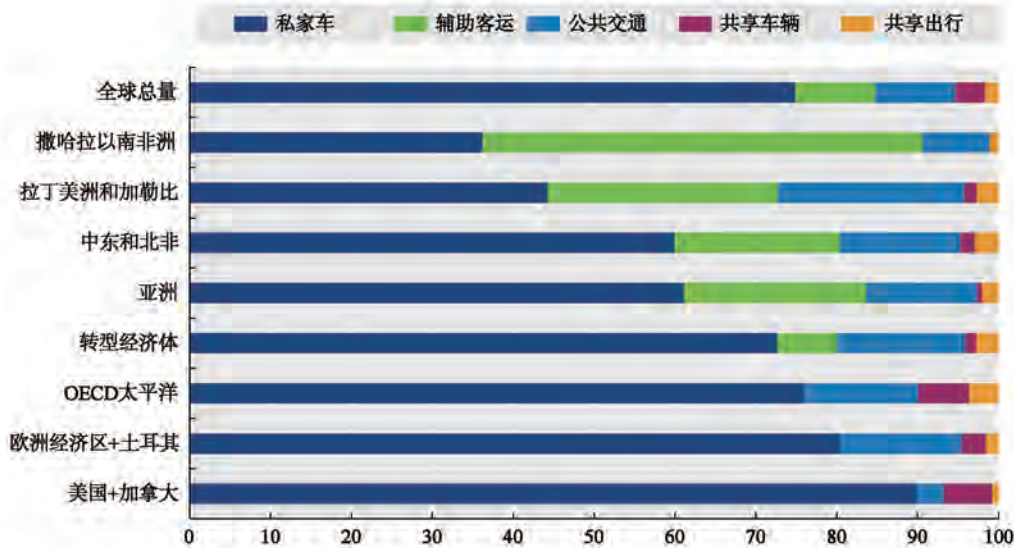


图 3-2 2015 年世界各地城市客运 CO<sub>2</sub> 排放的模式占比

注:本图代表 ITF 模拟的预测。主动出行和微出行包括步行、自行车、共享滑板车以及共享单车。公共交通包括 PT 轨道、地铁、公共汽车、轻轨运输(LRT)和快速公交系统(BRT)。辅助客运系统包括非正规公共汽车以及 PT 三轮车。共享车辆包括摩托车和共享汽车。私家车包括摩托车和小汽车。共享出行包括出租汽车、拼车以及出租客车。StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934238584>

新型的共享出行服务在减少私家车需求方面具有巨大的潜力。再加上替代燃料,这些创新服务可以实现大幅减排,但是对于共享出行的大范围普及,仍然存在很多不确定性(Fulton 等,2017<sup>[22]</sup>),这需要坚定的政策支持以及财政刺激来确保推行的是载客率较高的服务,而不是增加了额外交通量的服务

(ITF, 2020<sup>[25]</sup>; ITF, 2016<sup>[26]</sup>)。目前,共享出行服务主要由私营运营商提供,不过也有一些是和当地政府合作。在墨西哥城,共享出行运营商 Jetty 与城市政府合作,填补公共交通中的服务缺口。这促使人们从私家车转向 Jetty 提供的中型客车共乘服务,尤其是在收入较高的用户中。其他形式的“灵活交通”,例如电动两轮和三轮车,已经出现在尼泊尔和哥伦比亚等发展中国家的城市地区,这些服务通常可以补充现有公共交通服务的“最后一公里”(ITF, 2019<sup>[27]</sup>)。

公共机构必须管理城市交通创新,使其能够带来最大的社会和环境效益(ITF, 2019<sup>[28]</sup>)。需要进行数字化整合,促进新型出行模式的票务、票价和路线与现有公共交通相协调,并整合服务时刻表和城市物理空间,实现不同交通模式的无缝转换。“出行即服务”(MaaS)很有前景,可以作为这一方面的示例,但目前还不存在已落实的最佳实践。监管不当可能会造成不利的环境影响。ITF 的模拟结果显示,如果与现有的公共交通服务融汇合作,共享出行模式可以帮助赫尔辛基和里斯本大都市区减少 28% ~ 62% 的 CO<sub>2</sub> 排放(ITF, 2020<sup>[25]</sup>)。

在新冠肺炎疫情后的复苏阶段,某些交通政策措施实施起来可能会很困难。相反,得益于疫情期间的行为改变以及对经济复苏的大型投资,另外一些政策实施起来可能比较容易。下文将详细阐述新冠疫情对城市交通的影响,并站在复苏的背景下重新审视政策干预。

### 3.2 应对新冠肺炎疫情:后疫情时代城市出行的机遇和挑战

全球应对新冠疫情的措施包括限制集会和严格的国家封锁等。因此,城市里的客运活动几乎陷入停滞。2020 年 4 月,米兰、纽约和伦敦等城市的客运活动几乎不到平常水平的 10% (Citymapper, 2020<sup>[29]</sup>)。据 ITF 估计,2020 年所有城市的交通活动是疫情前预期的年需求量的 19%。随着疫情的持续,它对城市交通的影响还存在很多不确定性。公共交通已经成为信管肺炎病毒的主要受害者。而步行、自行车和微出行则受到许多城市的支持,正在迅速发展。疫情很可能导致一场转型变革,因此决策者需要引导这股动力,推动全球走上正确的轨道。作为疫情后复苏的一部分,落实的政策将决定脱碳是遇到阻碍还是进入快车道。表 3-1 列出了脱碳在长期将面临的机遇和挑战,并总结了新冠肺炎病毒对城市交通的短期影响。

城市交通脱碳在新冠肺炎疫情后可能面临的机遇和挑战

表 3-1

影响	脱碳可能面临的机遇	脱碳可能面临的挑战
短期影响	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 较高普及率的远程办公,减少了通勤出行;</li> <li>(2) 主动出行和微出行增加;</li> <li>(3) 主动出行车道/道路空间重新分配的快速落实;</li> <li>(4) 私家车使用减少,拥堵和污染减少</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 出于健康担忧,公共交通和共享出行的客流量减少;</li> <li>(2) 转向使用私家车</li> </ul>
长期/结构性变化	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 远程办公增加,通勤出行减少,本地出行增加;</li> <li>(2) 对本地出行和土地使用的关注可能有助于土地使用政策转向提高社区中心的密度;</li> <li>(3) 铺设永久的主动出行基础设施并重新分配道路空间;</li> <li>(4) 刺激计划支持绿色恢复;</li> <li>(5) 公共交通融资系统转向更加可持续的模式;</li> <li>(6) 政策信号推动技术研究,刺激计划促进了投资</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 出于健康担忧,私家车的使用增加;</li> <li>(2) 由于习惯变化或出于卫生担忧,公共交通的客流量减少;</li> <li>(3) 私营及公共部门缺乏针对可持续燃料的研发资金;</li> <li>(4) 公共交通缺乏资金;</li> <li>(5) 一些刺激计划提倡回归常态;</li> <li>(6) 人们因为可以远程办公而迁出城市,导致管理不善的城市扩展;</li> <li>(7) 由于私营和公共部门缺乏投资,延缓了清洁技术的推广(例如,延迟了车辆的更新及新基础设施的部署)</li> </ul>

注:短期影响主要基于疫情期间观察到的出行行为的变化,它们可能阻碍脱碳事业。大多数长期及结构性机遇还仰赖设计良好的复苏政策,而长期挑战会限制未来的脱碳事业。

### 3.2.1 城市停摆

在“封锁”期间,远程办公成为新常态。美国和欧盟分别有大约 48% 和 42% 的劳动力居家办公 (Sostero 等,2020<sup>[30]</sup>; Bloom,2020<sup>[31]</sup>)。限制措施导致通勤和休闲出行大幅减少(谷歌有限责任公司,2020<sup>[32]</sup>)。那些无法远程办公的人则需要承担严重的经济后果。在非正式工作更加普遍的发展中经济体,居家命令对收入产生了尤其不利的影响。从曼彻斯特到孟买,交通流量的减少迅速减少了空气污染。根据一项针对 34 个国家的研究显示,封锁措施导致 NO<sub>2</sub> 排放减少了 60%,颗粒物减少 31%。尤其是 NO<sub>2</sub> 排放减少,主要归功于交通量的大幅减少 (Venter 等,2020<sup>[33]</sup>)。北京和孟买等城市几乎消除了拥堵现象及其外部影响。其他城市中心,至少在封锁措施最严格的阶段,拥堵现象都有大幅减少 (Tom-Tom,2020<sup>[34]</sup>)。

公共交通是疫情的主要受害者。作为可持续、高效的公共交通系统的支柱,公共交通的乘客数量急剧下降,至今尚未恢复。为了遏制新冠肺炎疫情的传播,政府敦促市民使用其他交通模式以便更好地保持社交距离。许多城市公共交通的客运量都下降了 70% ~ 95%,而有些城市的下降幅度甚至高达 97% (Puentes,2020<sup>[35]</sup>)。相应地,公共交通的收入也急剧减少,因此有些城市大幅削减了公共交通服务。多条线路暂停服务,班次减少,有些情况下甚至完全暂停所有公共交通 (Dormer,2020<sup>[36]</sup>; de la Garzia,2020<sup>[37]</sup>; BBC,2020<sup>[38]</sup>)。

公共交通服务的减少尤其对基要工作者和弱势群体造成了严重冲击。根据一项基于美国的研究显示,正常情况下,在使用公共交通通勤的人群中,有 36% 属于基要工作者,其中又有 67% 来自少数族群 (TransitCenter,2020<sup>[39]</sup>)。私营的辅助客运服务因为缺少乘客而关闭了。这样就减少了一个交通选项,尤其是对发展中国家的许多贫穷社区而言,许多收入较低的工作者别无选择,不得不走很远的路或骑行很远的距离 (IGC,2020<sup>[40]</sup>)。

公共交通运营商调整了运营策略,以便在疫情期间继续维持交通服务。许多措施都是为了确保基要服务,尤其是为基要工作者。在许多城市,公交车和城市轨道交通系统下调了容量上限,继续维持运营,但通常只有最大容量的 15%。他们很快在车厢内安装了塑料隔板,用来隔离并保护驾驶员。还有其他常见的措施,包括停止车上售票服务和前门上车、添加标记来指示距离要求等 (McArthur 和 Smeds,2020<sup>[41]</sup>; UITP,2020<sup>[42]</sup>)。

共享出行也受到了疫情的冲击。对拼车和共乘车辆的需求大幅下降,所以大多数城市在疫情高峰期都暂停了共享服务。很多城市在强化了卫生和隔离措施后又恢复了共享出行的运营。一些拼车公司还推出了外卖配送等新服务来弥补损失 (Ibold 等,2020<sup>[43]</sup>)。

步行和自行车正蓬勃发展。因害怕感染新冠肺炎而不愿乘坐公共交通工具的居民,开始转向主动出行模式。许多人利用空荡荡的街道跑腿或锻炼身体。自疫情开始以来,1800 个城市部署了临时的自行车和行人基础设施,封闭了道路,改变了交通信号,还引入了其他措施来支持这一转变 (Goetsch 和 Quiros,2020<sup>[44]</sup>)。自行车供应商、单车共享运营商、修理店和骑车上班计划都迎来了强劲的需求增长 (BBC,2020<sup>[45]</sup>)。目前还缺少关于步行的数据。

### 3.2.2 复苏机遇和挑战

协调全球在疫情后的复苏是一个新领域。关于疫情的威胁将持续多久,以及当我们学会与病毒共存时,生活将会是什么样子,还存在很多不确定性。新冠肺炎疫情给城市的可持续交通议程带来了重大风险,从公共交通遭受的打击中可见一斑;但同时也带来了机遇,尤其是要进一步巩固居民在疫情期间发生的积极的行为改变。

远程工作及其与交通的相互关系是疫情后城市发展的主要议题。当前大多数讨论集中在远程办公减少通勤,从而减少城市排放的潜力。目前尚不确定远程办公的净影响。通勤出行的减少往往伴随着非工作出行的增加,可能会抵消积极效益 (Hook 等,2020<sup>[46]</sup>; Zhu 等,2018<sup>[47]</sup>)。同样地,目前也不清楚

远程办公导致家庭能耗增加是否也会抵消一些 CO<sub>2</sub> 减少效益 (IEA, 2020<sup>[48]</sup>)。即便远程办公具有净 CO<sub>2</sub> 减少效益,但这也仅仅局限于发达国家中受过良好教育的群体,一般发达经济体中知识领域的工作者占比较高 (Dingel 和 Neiman, 2020<sup>[49]</sup>)。在疫情期间,只有那些可以居家办公的人没有遭受收入损失,突出了疫情对社会公平的影响 (Bloom, 2020<sup>[31]</sup>; Guyot 和 Sawhill, 2020<sup>[50]</sup>)。

公共交通运营商因疫情期间的票价损失大受打击。运营商需要继续遵守防疫要求,因此客流量依然较少,而运营成本增加,运营商在短期内还将继续承受损失。这种情况引发了公共交通的大规模预算危机。伦敦交通局预计在 2020—2022 年间将面临 64 亿英镑 (89 亿美元) 的资金缺口。香港铁路有限公司估计 2020 上半年的损失达到 4 亿港元 (5160 万美元) (McArthur 和 Smeds, 2020<sup>[41]</sup>)。巴西的全国运输公司协会预计成员的日亏损超过 10 亿巴西雷亚尔 (1.84 亿美元) (Ibold 等, 2020<sup>[43]</sup>)。目前,救助计划已经协商完成。除了上述紧急情况,这次危机也突显出了公共交通融资方面的根本问题,尤其是对票价收入的过度依赖。可以借着这次疫情,采取一种更可持续的融资模式,充分反映出只有公共交通才能提供的社会和环境效益。

交通网络如果想维持合格水平的服务,就不能保持疫情之前的融资机制。许多城市因为没有票价收入,已经宣布削减交通服务 (CBC, 2020<sup>[51]</sup>; de la Garzia, 2020<sup>[37]</sup>)。目前的融资通常是一种混合机制,包括票价收入、政府资助、某些税收以及城市提供的其他资金。发展中国家辅助客运系统的占比很高,这些服务的运营商依靠的仅是票价收入。随着公共交通从疫情中恢复重塑,必须从过度依赖票价转向更加稳定的收入来源 (McArthur 和 Smeds, 2020<sup>[41]</sup>)。土地价值捕获机制就颇具潜力。这一机制将土地所有者从靠近新开发的公共交通的土地上获取的意外收益货币化,并使用这些收益来支付交通网络 (Medda, 2012<sup>[52]</sup>; 伦敦交通局, 2017<sup>[53]</sup>)。国家为地方政府资助建设良好的公共交通提供支持,则是另一种有利于经济发展的机制,因为它可以创造就业岗位,并将人们与就业机会联系起来,提高劳动力参与率 (Sclar, Lönnroth 和 Wolmar, 2016<sup>[54]</sup>)。

当前公共交通服务的削减将使多年的进步倒退。公共交通要想恢复到疫情前的客流量水平,面临着重重苦难。如果运营商因为缺乏资金不得不减少服务或者提高票价,那想要恢复几乎是不可能的 (Steer, 2020<sup>[55]</sup>)。这可能会使多年来将城市交通转向可持续交通选项的努力付诸东流 (McArthur 和 Smeds, 2020<sup>[41]</sup>)。想要为公共交通更换更清洁车辆的努力也岌岌可危,因为在资金紧缺的情况下,它的优先度也下降了。

公共交通融资需要新的优先度,而不是新的资金。减少新建道路、汽车保有量以及能源成本,由此节省的资金可以满足公共交通所需的投资 (Fulton 等, 2017<sup>[22]</sup>)。公共交通的使用模式会发生改变,但在社会中的角色保持不变:仍然是一项基本服务以及最具环境可持续性的交通形式 (ITF, 2020<sup>[56]</sup>)。公共交通为无法使用私家车的个人提供了满足自我需求的自由。经常乘坐公共交通的人大多是女性、年龄较小或年龄较大的人,收入较低,出行受限,属于少数族群 (Banister, 2019<sup>[57]</sup>)。

人们转向新的出行模式,是提高土地使用和交通规划的整合性和公平性的一次机遇。未来的出行、通勤以及城市发展模式会是怎样,仍存在许多不确定性。远程办公的兴起让人们开始担忧到中央商务区的通勤出行可能会大幅减少。目前基于通勤者的高峰时段公共交通规划方式需要调整,以适应非高峰时段的社区出行,因为社区出行可能会取代以往的通勤出行。这样的转变有助于建设一个比以前更加公平的公共交通系统。如果公共交通能够全天候提供服务,将各个社区中心相连,对于一个旨在为所有人提供机遇通道的交通系统而言,这将强化公共交通在这个系统中的支柱作用。通常,来自更边缘群体的交通用户都是非高峰时段的用户,但传统的公共交通规划并没有优先考虑他们的需求 (可持续发展委员会, 2011<sup>[10]</sup>)。如果交通系统能够全天候为社区出行而服务,那么工人就可以在闲暇时间去做一份轮班工作,老人可以在下午三点左右去看医生,母亲可以在工作和接小孩的间隙“跑个腿”,而不必等 20 分钟一班的公交车。

空间上比较分散的城市可能会增加对汽车的依赖度——但并不一定如此。如果远程办公的普及度上升,居民可以选择从市中心迁到郊区,可能是公共交通服务较少的郊区。但结果也可能是对汽车的

依赖度上升,而越来越多的城市扩张发展更会加剧这一现象。通勤所需的时间会更长,而在密度较低的社区“跑腿”就必须依靠汽车。也就是说,城市地区的去中心化本身与城市可持续发展目标并不是不可兼容。一个管理良好的去中心化进程可以成功地改变某些行为,为建设更加公平的城市交通系统铺平道路(Chu,2020<sup>[58]</sup>)。巴黎市已经公开宣布了“15分钟城市”计划,旨在让所有居民在离家15分钟的步行距离内,满足自己的需求(Moreno,2020<sup>[59]</sup>;Paris en Commun,2020<sup>[60]</sup>)。社区中心这个概念并不是新出现的,但是疫情后的复苏也许可以为这些倡议的快速落实提供独特的机遇。改变土地用途,在传统的居住区建立社区中心,可以为公共交通枢纽周围的新企业和服务提供支持,这些交通枢纽不再主要用来接送人们进出城市中心,而是用来更好地连接不同的社区。鼓励以交通为导向的城市发展有助于使公共交通成为步行、自行车或滑板车的首选替代。

连接不同的交通模式将促进公共交通的发展。整合不同的交通选项,对于再次增加公共交通的使用度至关重要。公交车和城市轨道交通可以发挥强大的支柱作用,而共享出行服务和微出行可以覆盖“第一公里”和“最后一公里”,在需求较低的时段以可负担的价格替代公共交通。出行即服务(MaaS)平台使用数字化技术提供不同交通选项的时间表和票价的整合信息,从而使转乘更加简便,因此可能会变得越来越重要。

维护并提升对公共交通的信任将是一项挑战。瑞士的一项研究发现,计划选择公共交通和共享出行模式的人比疫情前少了22%~28%(德勤,2020<sup>[61]</sup>)。益普索(2020<sup>[62]</sup>)对中国的一项民意调查显示,大约有一半的受访者在疫情前选择公交车和地铁出行,现在则不再选择。重视卫生和防护是短期内重获公众信任的一种方式(UITP,2020<sup>[42]</sup>)。长期来看,顶住资金压力,维持甚或提升服务水平,通过与其他交通模式的良好整合增加公共交通的吸引力才是关键。

城市汽车使用正在快速恢复,对公共交通产生了消极影响。上文中提到的瑞士的一项研究显示,多达24%的受访者计划未来更多地使用私家车或是摩托车出行(德勤,2020<sup>[61]</sup>)。中国的疫情发展比世界其他地方要提前几个月,在2020年3月,北京、上海以及广州的交通量已经超过了2019年的平均水平,但地铁系统的用户数量则比疫情前水平低29%~53%(彭博新闻社,2020<sup>[63]</sup>)。人们购买新车的意愿也在上升,其中77%的潜在购买者是出于健康担忧(益普索,2020<sup>[62]</sup>)。在疫情后为用户提供他们认可的安全、高效且可负担的公共交通服务,是防止城市交通进一步机动化的关键。

政府对清洁技术的投资仍然至关重要。清洁技术的主流化以及消费者进入成本的降低,都需要更多的研发工作(IEA,2020<sup>[64]</sup>)。由于疫情对企业的影响,私营部门的研发预算减少,因此政府的刺激计划就成了救生索。政府投资刺激清洁能源技术的发展,可以为纳税人提供很好的投资回报,而且还能促进就业增长(Calvino和Virgillito,2018<sup>[65]</sup>;Dowd,2017<sup>[66]</sup>)。对汽车技术的刺激和补贴主要有利于计划购买清洁车辆的高收入消费者(普华永道思略特,2020<sup>[67]</sup>)。对复苏措施增设条件,刺激充电基础设施以及共享车辆的销售和投资,更符合公平交通的社会和环境目标(Buckle等,2020<sup>[68]</sup>;Goetz,2020<sup>[69]</sup>)。

城市已经在主动出行和微出行基础设施方面取得领先发展——现在应该巩固这一优势。许多城市在疫情前就针对主动出行制定了雄心勃勃的长期计划。现在,如果这些计划在疫情期间取得了成功,城市应该抓住这个机遇,将临时措施变成永久措施,加速落实疫情前的计划。

### 3.3 未来城市交通的3种情景:恢复情景、重塑情景、再塑情景

本节探讨城市客运交通到2050年之前可能选择的发展路径。下文中的预测主要是依据3种不同政策情景:(恢复情景,重塑情景以及再塑情景)提出的。这些情景代表了政策制定者在城市减排及交通脱碳方面不断递进的雄心。

这些情景中的政策定义主要是根据ITF的研究、2020年初以政策情景研究的形式分发给世界各地的政策专家的专家观点,以及2020年在ITF脱碳倡议下举行的ITF项目研讨会。表3-2详细列明了各情景下假设采取的政策措施。为了反映新冠肺炎疫情的影响,所有情景都包含了相同的经济基准设定:

即 GDP 和贸易预测,相较于疫情前的水平推迟了 5 年。

各情景对城市客运的设定

表 3-2

措施/外部因素	描 述	恢 复	重 塑	再 塑
经济手段				
碳定价	根据碳基燃料产生的排放对它们进行收费	各地区的碳定价都不同;2050 年每吨 CO <sub>2</sub> 定价 150 ~ 250 美元	各地区的碳定价都不同;2050 年每吨 CO <sub>2</sub> 定价 300 ~ 500 美元。	
道路收费	对机动车辆使用道路基础设施进行收费	到 2050 年,非能源相关的汽车使用开支增加 0 ~ 7.5%,摩托车的开支增幅是汽车的一半	到 2050 年,非能源相关的汽车使用开支增加 2.5% ~ 25%,摩托车的开支增幅是汽车的一半	
停车收费及限制	出台规章制度控制机动车辆停车空间的提供和价格。	到 2050 年,5% ~ 50% 的城市区域受到停车限制,停车价格上涨 0 ~ 60%	到 2050 年,7% ~ 75% 的城市区域受到停车限制,停车价格上涨 20% ~ 150%	
加强基础设施				
土地使用规划	提升城市密度	人口数量超过 30 万的城市地区的市中心,密度变化在 - 10% ~ + 20% 之间。人口数量不足 30 万的城市或人口数量超过 30 万的城市地区的郊区,密度变化在 - 10 ~ + 10% 之间。	人口数量超过 30 万的城市地区的市中心,密度变化在 0 ~ 40% 之间。人口不足 30 万的城市或人口数量超过 30 万的城市地区的郊区,密度变化在 0 ~ 20% 之间。	
以公共交通为导向的开发 (TOD)	增加公共交通枢纽附近社区的混合用途式开发	增加土地使用的多样性组合,并在 2050 年前将公共交通的可达性提高 5%	增加土地使用的多样性组合,并在 2050 年前将公共交通的可达性提高 7.5%	增加土地使用的多样性组合,并在 2050 年前将公共交通的可达性提高 10%
公共交通优先措施及快速车道	通过信号优先或快速车道,让公共交通车辆优先流通	到 2050 年,提高 0 ~ 40% 的公共汽车、轨道交通和快速公交网络的优先性。	到 2050 年,提升 10% ~ 60% 的路面公共交通网络的优先性	
公共交通服务改善	提升公共交通服务的频次和容量	基于轨道或廊道的公共交通服务提升 - 10% ~ + 10%,到 2050 年实现 - 1% ~ + 1% 的速度变化。公共汽车及辅助客运服务提升 10% ~ 30%,到 2050 年实现 0.25% ~ 0.7% 的速度变化。	基于轨道或廊道的公共交通服务提升 10% ~ 15%,到 2050 年实现 1% ~ 1.5% 的速度变化。公共汽车及非正式公共交通服务提升 20% ~ 50%,到 2050 年实现 0.5% ~ 1.25% 的速度变化	
公共交通基础设施改善	提升公共交通网络的密度和规模	到 2050 年,公共交通网络扩展 0% ~ 100%	到 2050 年,公共交通网络扩展 0% ~ 200%	
公共交通票务综合	整合公共交通票务系统	到 2050 年,公共交通票价减少 1.5% ~ 4.5%,每月公共交通费用减少 2.5% ~ 7.5%	到 2050 年,公共交通票价减少 1.5% ~ 7.5%,每月公共交通费用减少 2.5% ~ 12.5%	



续上表

措施/外部因素	描 述	恢 复	重 塑	再 塑
自行车及人行道基础设施改进	增加主动出行的专用基础设施	到 2050 年,主动出行模式的可用道路空间增加 20% ~ 300%,同时提升主动模式的速度,包括微出行	到 2050 年,主动出行模式的可用道路空间增加 40% ~ 500%,同时提升主动模式的速度,包括微出行	到 2050 年,主动出行模式的可用道路空间增加 50% ~ 600%,同时提升主动模式的速度,包括微出行
限速	采取交通纾缓措施,降低机动车通过低速区或基础设施时的速度和主导权	到 2050 年,主干道上车辆的速度下降 2% ~ 30%。	到 2050 年,主干道上车辆的速度下降 5% ~ 50%	
监管工具				
城市车辆限制计划	在特定区域及特定时间段实施汽车限制政策,减少交通拥堵。通常用于城市中心	到 2050 年,汽车保有量减少 0% ~ 17.5%。降低汽车和共享汽车的速度,增加汽车和摩托车的通达时间	到 2050 年之前,汽车保有量减少 3.5% ~ 25%。降低汽车和共享汽车的速度,增加汽车和摩托车的通达时间	
低排放车辆刺激和基础设施投资	鼓励购买和使用替代燃料汽车,投资充电基础设施	到 2050 年,将柴油、汽油和甲烷燃料产生的平均车公里数减少 0% ~ 4%	到 2050 年,将柴油、汽油和甲烷燃料产生的平均车公里数减少 0 ~ 36%	到 2050 年,将柴油、汽油和甲烷燃料产生的平均车公里数减少 0 ~ 45%
刺激创新和研发				
推动电动/替代燃料车辆	城市车辆中电动/替代车辆的使用程度	遵循 IEA STEPS 情景	遵循 IEA SDS 情景	
汽车共享刺激	鼓励汽车租赁计划,计划内的成员可以根据需要使用汽车,从而降低汽车拥有率	到 2050 年,人均共享汽车可用性提高 0% ~ 15%,人均共享摩托车可用性提高 0% ~ 40%	到 2050 年,人均共享汽车可用性提高 5% ~ 30%,人均共享摩托车可用性提高 10% ~ 60%	
汽车合乘政策	汽车合乘政策鼓励将出发地和目的地相似的私家车出行合并在一起	到 2050 年,平均载客率增加 3.5% ~ 8.3%	到 2050 年,平均载客率增加 7.6% ~ 16.7%	
拼车/共享出行	增加非城市道路交通的客运量(汽车及公交车)	到 2050 年,拼车车辆人均增长 25% ~ 200%。到 2050 年,载客率从 -50% 增长至 25%	到 2050 年,拼车车辆人均增长 25% ~ 300%。到 2050 年,载客率从 0% 增长至 100%	
出行即服务(MaaS)和多模式交通服务	提升公共交通和共享出行之间的整合度(应用程序的整合,以及实体基础设施、票务和时间表的整合)。提升共享出行的可用性和载客率	到 2050 年,公共交通票价降低 1.7% ~ 10%,共享出行成本减少 1.0% ~ 6.0%。增加共享出行车辆和车站的数量	到 2050 年,公共交通票价降低 3.3% ~ 20%,共享出行成本减少 2.0% ~ 12.0%。大幅增加共享出行车辆和车站的数量	

续上表

措施/外部因素	描述	恢复	重塑	再塑
外部因素				
自动驾驶汽车	引进具有5级自动驾驶能力的车辆	自动驾驶车辆的使用比例因地区而异:汽车0~3%,公共汽车0~1.5%,共享车辆0~6%		
远程办公	减少了商务及通勤出行,但增加了非工作相关的短途出行	到2050年,2.5~20%在职人口可远程工作	到2050年,3.5~30%在职人口可远程工作	到2050年,5~40%在职人口可远程工作

注:1. 数值范围代表每个情景下世界不同地区落实政策措施的不同程度。除非另有说明,否则百分比变化就是指给定年份中某一变量与没有政策落实情况下的对比。比如,假设在没有政策行动的情况下,每个城市和年份的公共交通票价是参考GDP,由模型内部计算得出。下降百分比就是指特定城市和年份的票价在政策落实的情况下实现的降幅。  
 2. 每个情景都考虑了自动驾驶车辆,但它不是主要因素。所有情景都假设不断引进具有5级自动驾驶能力的车辆。《ITF 交通运输展望2019》对自动驾驶车辆等运输扰乱因素的关注较多,并对相关情景进行评估。  
 3. 阴影表示改革在塑情境下的定义施工力度更强。

研究结果基于ITF城市客运模型,该模型模拟了从2015年基准年到2050年,城市交通活动和模式份额的发展,以及城市地区的交通CO<sub>2</sub>和本地污染物的排放。案例框3.1详细介绍了ITF城市客运模型及其与之前版本的变化。

### 案例框 3.1 国际交通运输论坛城市客运模型 2020

国际交通运输论坛(ITF)城市客运模型对世界所有地区的交通供应和需求进行评估。目前已经完成了9200个大型城市功能区(FUA)的评估。这个模型以5年为单位对2015—2050年18种交通模式<sup>①</sup>的出行数量、模式占比、人公里数、车公里数、能源消耗以及CO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>以及PM排放进行评估。目前的模型版本可以评估模型所包括的19个地区市场上的23项政策措施及技术发展的影响。ITF于2017年首次提出研发的模型,随后一直都对模型进行更新和改善。2019年之后更新的一些关键特征详见表3-3。这些变化在一定程度上造成了交通运输展望2019年和2021年版本之间模型设定和基准值的差异。

在数据可获得的情况下,模型为FUAs收集了社会经济数据及交通数据,包括GTFS数据。在不可获得的情况下,模型用相近FUAs的回归分析得到的合成数据代替缺失的数据。每一次模型迭代都会更新人均GDP、地理区域以及能源成本等数据输入。

在每一迭代中,模型首先会更新运输供应特征,包括汽车保有量、道路基础设施的可用性、公共交通及其他交通服务等信息。第二步,模型会生成出行。第三步,模式分隔模块利用离散选择模型,考虑到不同交通模式的成本、时间以及可达性,计算出模式占比。最后,根据车辆的负载率以及车辆的平均排放,计算出运输排放,其中车辆的平均排放主要取决于当地的车辆类型组成。

城市模型更新总结

表 3-3

项 目	2019 年版本	2021 年版本
城市人口及城市	11099 个城市中的 33 亿人口	9234 个大型城市功能区 <sup>②</sup> (FUA)的 36 亿人口(联合国,2019 <sup>[70]</sup> ;OECD/欧盟委员会,2020 <sup>[71]</sup> )

① 模型中的18种交通模式包括步行、自行车、私人摩托车、私家车、出租汽车、公共交通(PT)轨道、PT地铁、PT轻轨运输、PT快速公交系统、PT公共汽车、非正规客车、非正规三轮车、共享滑板车、共享单车、拼车、共享摩托车、共享汽车以及出租客车。

② 大型FUAs是FUAs的集合,FUA是世界项目中欧盟和经合组织联合定义的城市,在联合国经济和社会事务部的世界城市化前景2018项目中予以确认。

续上表

项 目	2019 年版本	2021 年版本
人口模型	外部输入	反映每一个大型 FUA 的 36 个年龄和性别群体 <sup>①</sup> (WorldPop, 2020 <sup>[72]</sup> ) 人口发展的内部城市人口模型
土地使用变化	每个 FUA 都有一个估算的增长率	针对每一个大型 FUA、大型 FUA 的中心及其郊区有不同的预估增长率
环境表现	根据针对本地污染物的 ICCT 路线图模型 (ICCT, 2019 <sup>[73]</sup> ), 以及针对 CO <sub>2</sub> 的 IEA 移动模型 (IEA, 2020 <sup>[13]</sup> ), 计算出油箱到车轮的平均排放	基于 IEA 移动模型 (IEA, 2020 <sup>[13]</sup> ) 得出的油箱到车轮及油井到油箱的 CO <sub>2</sub> 排放。基于 ICCT 路线图模型 (ICCT, 2019 <sup>[73]</sup> ) 得出的本地污染物排放
旅次产生模式	平均出行率	根据 5 类距离、5 类年龄以及 2 类性别计算出出行率
汽车及摩托车预计需求	高估汽车的人公里数, 低估摩托车的人公里数, 特别是在亚洲和拉丁美洲及加勒比地区	减少汽车的人公里数并增加摩托车的车公里数, 因此世界相关地区的总需求保持相近, 但 CO <sub>2</sub> 排放减少了
步行行程	未考虑	非主动出行模式包括进出过程中额外的步行组成。

### 3.3.1 城市交通的恢复情景

恢复情景在政策、投资优先项和技术方面, 依然是按照疫情前的思维来建设未来 10 年的城市交通。政府主要优先考虑并强化固有的经济活动来支持经济复苏, 其主要目标就是回到疫情前的“正常状态”。恢复情景是 *ITF* 交通运输展望 2019 中当前目标情景的强化版。

在恢复情景下, 2020 年疫情对城市出行产生的影响将逐渐在 2030 年之前消去。从积极的方面来看, 落实了很多政策来确保公共交通客流量回复到以前的水平。从消极的方面来看, 许多有益于减缓气候变化的行为也会在 2030 年之前回到疫情前的状态: 例如, 疫情期间人们转向主动出行, 减少了 CO<sub>2</sub> 排放, 但这种转变只是暂时的。

继续落实疫情开始前已经实施的或者将要实施的 CO<sub>2</sub> 减排政策。例如, 疫情前致力于减少私家车使用的政策将继续。碳定价机制适用于所有交通模式, 可以确保使用成本对应 CO<sub>2</sub> 排放。但是, 除了原来的措施, 再没有进一步的交通脱碳努力。

恢复情景下的技术进步比较平缓。按照国际能源署的既定政策情景 (STEPS) 推进车辆电气化 (IEA, 2020<sup>[13]</sup>)。

一些城市继续实施旨在减少汽车过度使用的政策, 但并没有取得大规模的转变。一些城市和郊区不断提高密度, 而另一些则在蔓延扩张。公共交通枢纽周围的社区在密度和用途多样性方面略有提升。在一些城市的街道上, 新的自行车及行人基础设施、速度限制和公共交通优先化有助于继续减少汽车的使用。但这样的城市只是少数。一些城市还通过城市车辆限制计划、停车定价及监管以及道路定价机制来限制汽车的使用。同样, 这些措施并未得到广泛实施。

少数城市通过激励措施及基础设施投资来推广低排放汽车的使用。鼓励采用汽车共享、汽车共乘以及共享交通模式代替私家车。公共交通得到一定程度的投资。平均而言, 现有的铁路轨道几乎没有变化。公共汽车和辅助客运服务略有改善。一些城市扩大了交通服务网络, 但没有与其他模式有效地整合。

### 3.3.2 城市交通的重塑情景：出行模式改变

在重塑情景下, 和在恢复情景下一样, 新冠肺炎疫情对城市出行的影响也逐渐在 2030 年之前消退。

<sup>①</sup> 将城市人口按照年龄和性别分成 36 个类别。

重塑情景的不同之处在于,决策者设定了雄心勃勃的气候目标并为此实施严格的政策措施。这些更具雄心的措施在全球各地区的落实程度也各不相同。重塑情景是 ITF 交通运输展望 2019 中较高雄心情景的升级版。

重塑情景下所有地区以及所有交通模式的碳定价都比恢复情景下更高。

城市蔓延停止了。城市中心及郊区的密度维持不变或有提升。以公共交通为导向的发展比在恢复情景下更显著,提高了交通枢纽附近的密度和多样性。

汽车出行不再是优先选项。对城市的街道空间进行重新分配,更加激进地减少了分配给汽车的空间。进一步限速。所有城市都至少有部分公共交通可以优先使用专用车道或信号系统。越来越多的城市大幅增加并改善自行车及步行基础设施。城市车辆限制计划、道路及停车收费和监管比恢复情景下更加明显地减少了汽车的使用。

对现有运输能力的利用更加高效。对合乘汽车、共享汽车以及拼车的鼓励措施更加有力地提升了平均载客率以及共享出行的可用性。

得益于有针对性的刺激和投资措施,电动汽车以及其他低排放汽车的基础设施得到改善,一些城市的平均 CO<sub>2</sub> 排放明显减少。车辆的类型组成遵循国际能源署可持续发展情景(SDS)下的技术发展设定((IEA, 2020<sup>[13]</sup>) )。

公共交通通过出行即服务(MaaS)应用程序与其他交通模式无缝转换,提供高度综合的交通服务。辅助客运服务逐渐规范化,并与正规的公共交通或共享出行系统相结合,有助于发展中地区更换更加清洁的车辆。

### 3.3.3 城市交通的再塑情景:重塑升级

再塑情景通过多项政策进一步巩固疫情期间的积极脱碳趋势,使之成为永久的变化。和其他两个情景一样,新冠肺炎疫情对城市交通的消极影响将在 2030 年之前得以克服。和重塑情景一样,政府设定雄心勃勃的脱碳目标并为此实施相应的政策。此外,政府将进一步抓住疫情期间出现的脱碳机遇。通过协调经济刺激与气候和公平目标,政府利用经济复苏促进环境和社会可持续发展。政府以更强的力度或更快的速度落实重塑情景下的部分政策,从而实现上述目标。

远程办公的普及在支持经济生产力的同时,还减少了通勤出行。

大规模以公共交通为导向的开发促进了对公共交通的积极态度,并且抵消了人们迁出市中心可能产生的任何影响。

自行车及步行基础设施大范围普及。疫情期间为主动出行设置的临时性“弹出式”基础设施成为永久性的设施。刺激计划为购买低排放汽车提供了更多的激励。进一步推进重塑情景下的积极成果,帮助城市更快、更有把握地实现脱碳。

重塑情景和再塑情景是比较乐观的情景,描绘了如果我们充分利用疫情后复苏的交通转型机遇,可以实现怎样的未来。这些政策在技术上是可行的,但是 ITF 也意识到一些限制因素可能会阻碍某些地区一项不落地落实全部措施。ITF 无意规定政策的组合,只是强调经济刺激计划在优先建设公平城市、同时减少碳排放方面的可能性。

## 3.4 城市出行需求:日益增长的城市需求管理

城市交通需求取决于若干因素,其中最重要的就是人口规模、经济活动和土地使用模式。人口增长会增加交通总量(以人公里数计),而人均出行又常常随着收入的增加而增加(Rodrigue, Comtois 和 Slack, 2009<sup>[74]</sup>)。出行如何进行——采用何种交通模式以及去到哪个目的地——将影响交通总量和相关的排放,以及与人类福祉相关的其他方面。

实际出行距离主要受土地使用模式以及混合开发的密度所影响。如果城市里工作岗位靠近居民区

和商业区,则相较于零散分割、无序扩张的城市,产生的出行公里数会更少。因此,更多的交通活动,并不一定代表更多的福祉。影响生活质量的是可达性,它要考虑个人需求,机遇所在的位置以及两者之间的交通服务。交通量更高,往往是由于可达性有限,导致出行距离更长,由此产生的时间和费用成本都更高。此外,还会增加 CO<sub>2</sub> 排放和空气污染。

恢复情景下,预计总的城市客运需求到 2030 年将比 2015 年增长 59%,到 2050 年将增长 163%。这比之前的预测值要高(ITF, 2019),部分原因在于模型的改进(见案例框 3.1),例如调高了城市人口数量,并且考虑到了机动车出行的主动进出部分。这些变化增加了人公里数,而其实新冠肺炎疫情导致的经济增长预测下降以及政府在过去两年作出的新政策承诺降低了交通需求。

如果在 2015—2050 年实施更具雄心的政策,则在重塑情景下,城市出行需求的增长将限制在 116% 以内,而在再塑情景下,则是 104% 以内。这是因为土地使用变化导致出行路程缩短,且远程办公增加导致工作出行减少。尽管交通总量下降了,但这些变化提升了可达性、福祉以及经济增速。尤其是再塑情景,设定了最具雄心的土地使用变化和远程办公率。一些工作出行被非工作相关的本地出行所取代,但如果土地使用管理得当,这些本地出行实际上距离较短,应该能为城市的出行公里数带来净减少效益。

缩短路程是城市遏制汽车使用的关键。2015 年全球出行的人公里数有一半以上是私家车产生的。但是,到 2050 年,再塑情景下模拟的更具雄心的政策可以将私家车的公里数限制在 2050 年全球总量的 1/3(图 3-3)。限制私家车使用和降低汽车保有量的政策将实现最明显的私家车模式转移。汽车限制计划,停车、道路使用和碳排放定价机制,以及道路空间的重新分配,都可以降低私家车相对于主动出行、公共交通和共享出行的吸引力。

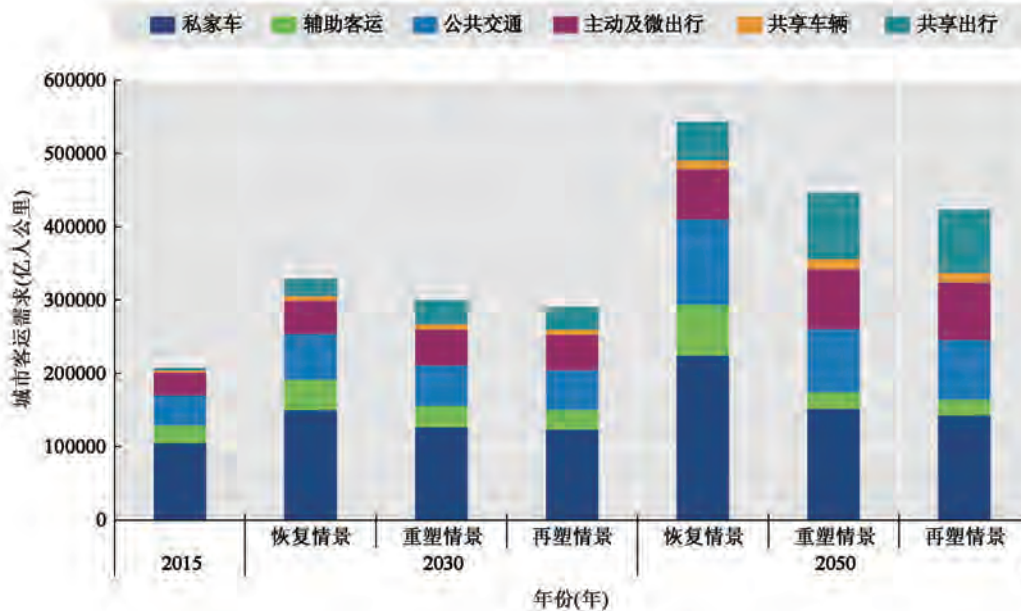


图 3-3 到 2050 年不同交通模式的城市客运需求

注:本图代表 ITF 模拟的预测。恢复情景、重塑情景和再塑情景是模拟的 3 种情景,分别代表疫情后脱碳政策逐渐递增的雄心。

主动出行和微出行包括步行、自行车、共享滑板车以及共享单车。公共交通包括 PT 轨道、地铁、公共汽车、LRT 和 BRT。辅助客运系统包括非正规客车和 PT 三轮车。共享车辆包括摩托车和共享汽车。私家车包括摩托车和汽车。共享出行包括出租汽车、拼车和出租客车。

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934238603>

土地使用变化和以公共交通为导向的开发(TOD)可以缩短出行距离,可能会影响居民是否选择开车。对于那些没有更好交通选项的人以及那些出行距离较长或者要前往多个目的地的人,私家车出行

更具吸引力。

在再塑情景下,土地使用的综合规划以及 TOD 特别明显地减少了短途出行的人们对私家车的使用。在再塑情景下,2050年,在距离为1~10公里的出行中,私家车的占比比在恢复情景下低7~9个百分点(图3-4)。对于较短距离的出行,私家车出行主要是被主动出行和微出行所取代;对于较长的旅程,则主要是由共享交通所取代。

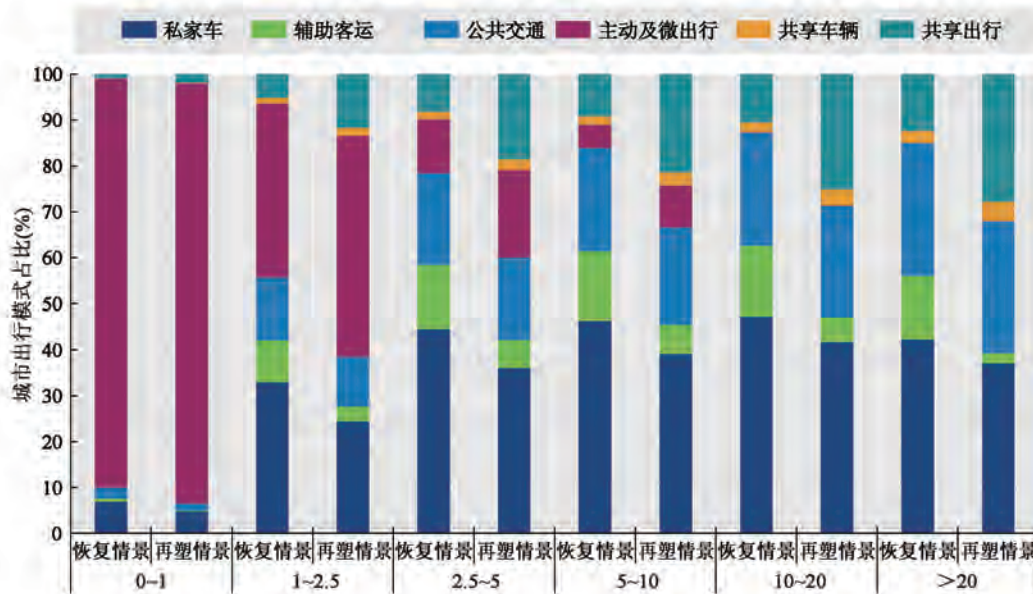


图 3-4 2050 年不同距离城市出行的模式占比

注:本图代表 ITF 模拟的预测。恢复情景和再塑情景是模拟的 2 种情景,分别代表疫情后脱碳政策当前轨道的雄心和更高层次的雄心。第 3 种模拟的重塑情景没有在图中展示,因为这个情景下的模式占比结果与再塑情景非常相似。主动出行和微出行包括步行、自行车、共享滑板车以及共享单车。公共交通包括轨道、地铁、公共汽车、轻轨运输和快速公交系统。辅助客运系统包括非正规客车和三轮公共交通。共享车辆包括摩托车和共享汽车。私家车包括摩托车和汽车。共享出行包括出租汽车、拼车和出租客车。

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934238622888934238622>

雄心勃勃的政策有利于主动出行模式、共享出行和公共交通的发展。私家车出行主要转向出租汽车、拼车和出租客车以及适用于较长出行距离的共享车辆所有权计划。在恢复情景下,共享出行从 2015 年占 1% 人公里数发展到 2050 年的 10%;2015—2050 年,共享车辆的占比保持在 2%。在重塑和再塑情景下,到 2050 年,共享车辆占 3% 的人公里数,共享出行则占 1/5 的人公里数。在恢复情景下,公共交通的使用到 2050 年将增加 184%。2050 年公共交通在总需求中的占比维持稳定,因为更多的短途出行选择主动出行模式,在更具雄心的脱碳政策下,尤其是如此。在重塑和再塑情景下,步行、自行车以及微出行到 2050 年都将增加 2.5 倍,总人公里数的占比也从 2015 年的 15% 上升到了 18%。

辅助客运可能会被共享出行和公共交通所吸收。辅助客运是一种非正式的集体运输。它是许多发展中国家城市的主要交通模式。在恢复情景下,到 2050 年,辅助客运在总人公里数中的占比增加到 13%。而在重塑和再塑情景下,由于发展中国家的辅助客运逐步正规化,占比下滑至 5%。

亚洲仍然是城市交通需求最高的地区。不同地区的城市客运需求总量差别很大,但预测在所有情景下,所有地区的需求都将上升(图 3-5)。2015 年亚洲贡献了 40% 的交通活动,高于任何其他地区。经济强劲增长、城市化进程节奏明快和机动化快速的中国,加上在这些方面稍稍逊色的印度,推动了亚洲地区城市客运活动总量的上升,在恢复情景下,客运量到 2050 年增长了 3 倍。重塑情景下的政策可

以使 2050 年的交通需求比恢复情景下减少 17%，而再塑可以减少 21%。

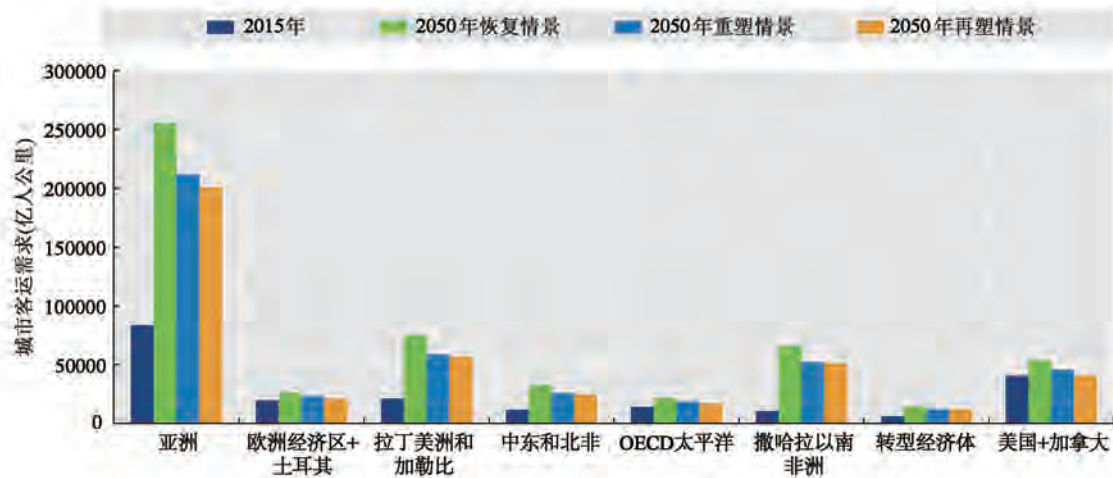


图 3-5 到 2050 年世界各地的城市客运需求

注:本图代表 ITF 模拟的预测。恢复情景、重塑情景和再塑情景是模拟的 3 种情景,分别代表疫情后脱碳政策逐渐递增的雄心。

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934238641>

北美地区有很大的空间可以限制城市交通增长。由于城市开发密度较低,出行距离较长,2015 年,美国和加拿大的城市客运量占全球城市人公里数的 20%。北美地区的城市通常比较分散,因此通勤距离很长。重塑情景政策将把 2050 年城市出行需求的增长限制在 2015 年水平的 13%。再塑情景政策可以将需求增长冻结在 2015 年水平附近。欧洲经济区和土耳其,以及中东和北非地区,这两个地区也在较高雄心的政策下显示出限制需求增长的巨大潜力。与 2015 年的总量相比,在重塑情景下,这两个地区 2050 年的需求增长可能分别达到 19% 和 30%,但在再塑情景下,将分别为 8% 和 20%。

在其他地区,城市交通需求将因为人口增长和经济发展而不断增加。预计交通活动相对增长率最高的地区应该是拉丁美洲和加勒比地区(LAC)以及撒哈拉沙漠以南的非洲地区(SSA),LAC 是由高速的经济增长推动的,而 SSA 则是因为城市人口显著增加。在当前的政策下,预计 LAC 的城市交通活动到 2050 年将比 2015 年水平高出 3.5 倍,而 SSA 则将增长 6.2 倍。由于当地的财政限制、城市化模式以及不断提高的生活水平,这两个地区控制需求的潜力比较有限。但是,再塑情景可以使这些地区将 2050 年的交通需求相较于恢复情景下减少 18% ~ 25%。转向可持续的交通模式,可以让这些地区超越发达国家,因为发达国家被困在以私家车为主的不可持续的交通系统中。在再塑情景下,LAC 到 2050 年可以将需求增长限制在 2015 年水平的 2.7 倍,而 SSA 可以限制在 4.9 倍。

按人均水平计算,美国和加拿大的交通需求最高。2015 年,美国和加拿大的人均人公里数是亚洲的 2.7 倍,而亚洲是城市客运需求总量最大的地区(图 3-6)。OECD 太平洋地区(澳大利亚、日本、韩国和新西兰)的人均城市出行需求也明显比亚洲要高,是亚洲的 1.7 倍。撒哈拉沙漠以南的非洲地区(SSA)是人均城市出行率最低的地区,美国和加拿大的城市居民的平均出行需求是 SSA 的 3.8 倍,OECD 太平洋地区的个人出行则是 SSA 的 2.3 倍。这个差距到 2050 年将缩小,但即便到那时,美国和加拿大的人均出行需求仍然达到 SSA 的 2.3 倍,OECD 太平洋国家则是 1.9 倍。在再塑情景下,美国和加拿大的人均需求到 2050 年将比 2015 年减少 21%。欧洲经济区(EEA)和土耳其紧随其后,降幅达到 13%。大多数其他地区,即便是在再塑情景下,人均出行活动到 2050 年依然要比 2015 年更多。

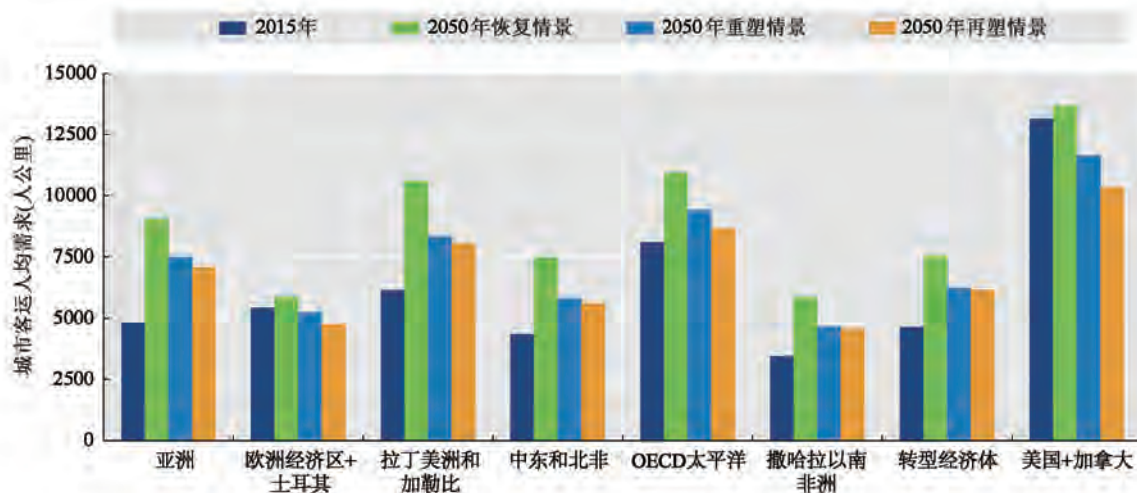


图 3-6 到 2050 年世界各地的城市客运人均需求

注:本图代表 ITF 模拟的预测。恢复情景、重塑情景和再塑情景是模拟的 3 种情景,分别代表疫情后脱碳政策逐渐递增的雄心。

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934238660>

### 3.5 城市出行产生的 CO<sub>2</sub> 排放:改进服务,减小碳足迹

在恢复情景下,2015—2050 年间,城市客运产生的油箱到车轮 CO<sub>2</sub> 排放预计将下降 5%。这意味着 CO<sub>2</sub> 排放量从 17.55 亿吨下降到 16.74 亿吨。由于改进了模型,增加了校准数据,所以 2015 年基准年的城市客运 CO<sub>2</sub> 排放总量比《ITF 交通运输展望 2019》中的估算值要低(见案例框 3.1)。如果实施更具雄心的政策,预计碳排放到 2050 年,在重塑情景下将降至 3.94 亿吨,在再塑情景下,下降至 3.73 亿吨,和 2015 年的水平相比,降幅分别达到 78% 和 79%。

再塑情景下的政策有助于快速脱碳。再塑情景在前期就将交通脱碳措施放在重点,并且比重塑情景设定了更显著的行为变化。到 2030 年,再塑情景下城市交通产生的 CO<sub>2</sub> 排放比 2015 年减少了 28%,而在重塑情景下,排放量与 2050 年相比下降了 25%。到 2050 年,两种情景下的排放与 2015 年水平相比,下降幅度差不多,分别是 78% 和 79%。与气候排放目标对比,真正重要的是累积排放。在再塑情景的政策下,城市客运到 2050 年产生的 CO<sub>2</sub> 排放将比恢复情景下减少 12.5 亿吨。

提高载客率和燃油效率可以减少排放。除了机动车的客运需求,影响排放的因素还包括多少人共享一次车辆出行,即车辆的载客率,此外还有车辆的燃油效率。上文已经介绍了 2015—2050 年的预测需求增长率。在恢复情景下,机动化出行到 2050 年将占到人公里数的 87%,而在重塑和再塑情景下,由于主动出行模式占比增加,机动化出行的乘客-公里数占比将达到 82%。图 3-7 所示为是每个情景下不同交通模式产生的 CO<sub>2</sub> 排放量。在恢复情景下,车辆效率有了提高,所以在 2050 年,在相同的距离下,车辆产生的 CO<sub>2</sub> 排放量平均比 2015 年减少 57%。在重塑和再塑情景下,2050 年人公里的排放比 2015 年低 86%。此外,采取措施鼓励人们转向大规模整合良好的共享交通以及鼓励共乘汽车等,有助于提高车辆载客率,意味着车辆的平均载客率到 2050 年,在恢复情景下将比 2015 年的水平高出 22%,而在更具雄心的情景下将高出 28%~29%。因此,在恢复情景下,每人公里产生的 CO<sub>2</sub> 排放量到 2050 年将减少 65%,而在重塑和再塑情景下,将减少 89%。

城市中私家车的排放量可以减少一半以上。2015 年,私家车产生的排放量占城市客运排放总量的四分之三。恢复情景可以将这个占比减少至 50%,主要是依靠技术改进和模式转变、在重塑和再塑情景下,这个占比到 2050 年将分别下降 56% 和 57%,主要得益于更加明显的模式转变,更高的载客率以及新技术在车辆中更高的推广率。



整合良好的共享出行产生的排放量更少。在所有情景下,大多数机动化模式到2050年产生的排放量都比2015年要少。但共享出行和辅助客运是例外。2015年共享出行的市场渗透率非常低,而随着它的模式占比逐渐增加,它产生的排放量似乎也在增加。在恢复情景下,共享出行服务的整合和管理程度有限,因此产生的排放量在2015—2050年间增加了10倍。然而,在共享交通得到妥善管理并完全融入交通系统的情况下,共享交通产生的排放量只增长了一半多(与恢复情景下的结果相对比,重塑和再塑情景下排放量分别增长了57%和55%)。恢复情景下的辅助客运随着需求增加产生的排放也较多,但在更具雄心的政策下,随着这些非正式服务融入正规的交通网络,需求出现了下降。

共享车辆和共享出行有助于清洁技术更快得到推广。两者的利用率都高于传统的私家车,因此车辆的更换频率也更高。在一个整合良好的系统中,共享出行可以填补公共交通网络的空缺,增加整体的服务供应。要想说服用户放弃私家车而选择共享出行,就需要通过移动手机程序将共享出行与现有的公共交通进行票价、路线以及时刻表进行整合。此外,对城市空间进行有针对性的重新安排,实现交通模式无缝转换,也大有裨益。共享出行提供可持续出行选项的潜力取决于其与公共交通的融合度,应作为公共交通的补充,而不是取代。如果管理不善,使得共享出行代替了公共交通,则很容易对排放产生相反的效用,正如在恢复情景下所模拟的共享出行到2050年会产生更高的排放量。案例框3.2阐述了若干因素,它们可能会增加或减少共享及微出行服务产生的GHG排放量。

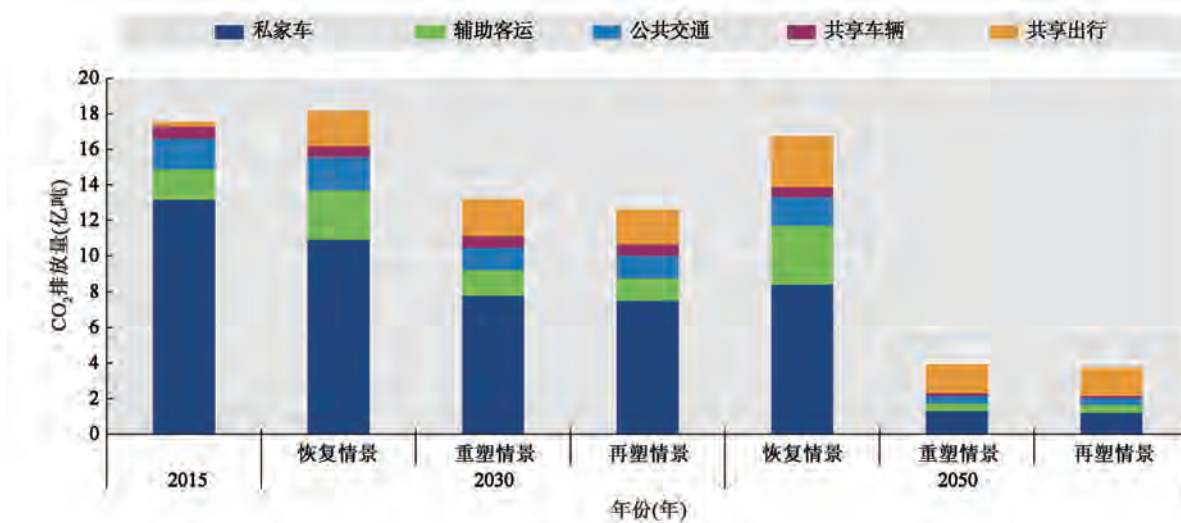


图 3-7 到 2050 年不同城市客运模式产生的 CO2 排放量

注:本图代表 ITF 模拟的预测。恢复情景、重塑情景和再塑情景是模拟的 3 种情景,分别代表疫情后脱碳政策逐渐递增的雄心。主动出行和微出行包括步行、自行车、共享滑板车以及共享单车。公共交通包括轨道、地铁、公共汽车、轻轨运输和快速公交系统。辅助客运系统包括非正规客车和三轮公共交通。共享车辆包括摩托车和共享汽车。私家车包括摩托车和汽车。共享出行包括出租汽车、共乘车辆和出租客车。

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934238679>

### 案例框 3.2 微出行使用寿命的影响

国际交通运输论坛(ITF)(2020<sup>[56]</sup>)的一份报告《准备好了吗?评估新型出行模式的环境性能》评估了新型出行模式对能源及温室气体(GHG)排放的影响,新型模式包括私人及共享滑板车、自行车、电动自行车、电动轻便摩托车以及网约车。其中网约车是带驾驶员的车辆待租服务,通过智能手机应用程序将驾驶员与乘客联系起来。

主要研究结果表明,如果微出行车辆的使用寿命里程足够大,并且能够有效地将运营服务中的能源

使用和 GHG 排放最小化,则共享出行的能源使用和 GHG 排在规模上与地铁和公交车相当。

报告还强调,除非增加客流量,减少空车出行,车辆转向节能减排技术,否则在所有城市交通选项中,网约车每人公里的能源使用和温室气体排放量最大。

为了确保新型出行模式的推广能够为交通脱碳带来净效益,报告提出以下建议:

(1)最大程度地提高载容量,尽量减少跑空车,网约车(及出租汽车)转向节能低排车辆。

(2)从寿命里程较高的车辆开始,不仅是为了将影响最大化,也是为了实现更好的经济性和积极溢出效应,如电动汽车等能在交通脱碳和能源结构多样化方面发挥重要作用的技术,应扩大规模,降低成本。

(3)保障更高的信息透明度和可访问性,以便评估微出行使用寿命的影响。

(4)采纳可靠的设计和运营实践来服务微出行车辆。

(5)抓住机遇,通过更好地整合公共交通和共享微出行(包括利用城市规划和出行即服务),帮助交通脱碳。

随着车辆转向替代燃料,油井到油箱(WTT)排在车辆总排放中的占比越来越高。即便车辆的尾气或油箱到车轮排放很低甚或为零,但在燃料的生产、加工和运输中,仍然会产生间接的 WTT 排放。随着车辆的直接 CO<sub>2</sub>排放量减少,油井到油箱产生的 CO<sub>2</sub>排放量所占的比例逐渐增加。2015 年,城市交通总排放量中有 1/4(23%)是直接尾气排放。到 2050 年,在恢复情景下,这一比例将增加到 1/3 以上(36%),在更具雄心的情景下,这一比例将增加到将近一半(45%)。如果电动出行获得发展,间接排放量主要取决于一个地区或国家电网的清洁程度。因此,转向电力等替代燃料并不是保障实现气候目标的万能药。从定义上讲,绿色车辆要求清洁的能源生产,交通和能源部门需要共同合作来实现这个目标。图 3-7 所示为 3 种情景下直接的油箱到车轮排放的模拟结果,其中不包括电力生产、能源开采或运输使用的能源。图 3-8 是间接的油井到油箱排放以及油箱到车轮排放的对比。

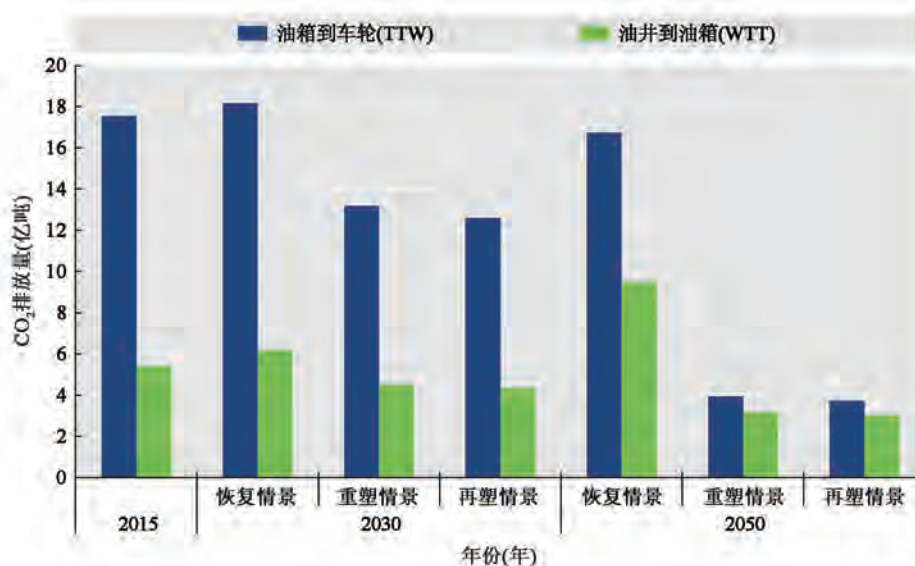


图 3-8 到 2050 年城市客运产生的油箱到车轮与油井到油箱 CO<sub>2</sub>排放量对比

注:本图代表 ITF 模拟的预测。恢复情景、重塑情景和再塑情景是模拟的 3 种情景,分别代表疫情后脱碳政策逐渐递增的雄心。

油箱到车轮排放是使用汽车时产生的排放(即车辆燃油消耗产生的排放)。油井到油箱排放是能源生产过程中产生的排放。

例如,电动汽车的油井到油箱排放包括电力生产过程中产生的排放,电动汽车油箱到车轮的排放为零。

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934238698>

减少地区排放需要双重战略。世界不同地区之间的城市排放存在两种模式。发达地区即便是沿着恢复情景的轨道,未来的城市客运排放仍将减少,只是还不足以实现气候目标。而发展中地区由于人口和经济的快速增长,如果现在不采取行动,到2050年CO<sub>2</sub>排放将会增加。

2015年全球将近一半的城市客运排放来自美国和加拿大(图3-9)。但是,在重塑和再塑情景的政策下,它们到2050年可以减少90%以上的排放。这就意味着2050年可以减少7.3亿吨CO<sub>2</sub>排放,是所有地区中最大的绝对下降量。从排放分类来看,由于两个国家对汽车的依赖度都很高,因此在所有情景下私家车都会是主要的排放来源。

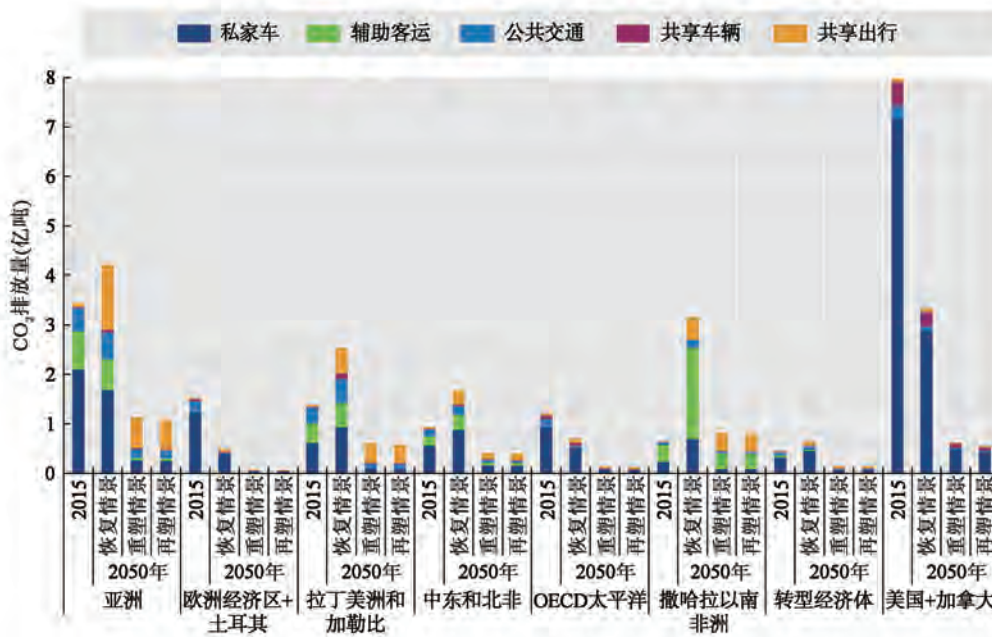


图3-9 2050年世界各地城市客运产生的CO<sub>2</sub>排放量

注:本图代表ITF模拟的预测。恢复、重塑和再塑是模拟的3种情景,分别代表疫情后脱碳政策逐渐递增的雄心。

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934238717>

2015年亚洲的城市交通排放位居世界第二。亚洲的城市出行需求比美国和加拿大更高,但相应的CO<sub>2</sub>排放占比还不到北美地区国家的一半。亚洲居民更多地使用主动出行和微出行,以及共享交通和公共交通来满足自己的需求。而且,亚洲居民的私家车中,排放相对较低的机动两轮车和三轮车占比较高,而美国和加拿大则主要是重型车辆。

根据恢复情景的假设,在当前政策下,到2050年CO<sub>2</sub>排放相对减少量最大的地区应该是欧洲经济区(EEA)和土耳其。在重塑和再塑情景下,欧洲经济区和土耳其将是全世界所有地区中CO<sub>2</sub>排放量最少的地区,2050年的排放比2015年减少95%~96%。美国和加拿大以及OECD太平洋国家则是另外几个世界上仅有的即便在恢复情景下预计也能减少排放的地区。

撒哈拉沙漠以南的非洲地区在未来几十年将经历最大幅度的城市排放增长。在恢复情景下,由于城市人口和经济快速发展,预计该地区到2050年机动化出行需求将增加6倍。因此,这个地区城市交通产生的CO<sub>2</sub>排放预计将增长到2015年的5倍左右。重塑和再塑情景下的政策可以大幅扭转这一趋势,2050年的排放可以比恢复情景下减少87%。LAC、MENA、亚洲以及转型国家也会因为政策不同而收获大相径庭的脱碳结果。在恢复情景下,这些地区的CO<sub>2</sub>排放到2050年将增加,但是随着政策更接近再塑情景,这些地区的排在2050年将比在恢复情景下减少82%~90%。在重塑和再塑情景下,亚洲在2050年可以减少超过2.3亿吨的CO<sub>2</sub>排放。

在重塑和再塑情景下,共享出行的模式占比逐渐增加,它在城市排放中的份额也在增加。这是预期效应的结果,因为随着用户从私家车转向共享交通系统,共享出行变得越来越流行。也正是因为如此,

EEA 和土耳其、OECD 太平洋国家和转型国家私家车排放的比例不断下降。

在重塑和再塑情景下,某些地区辅助客运系统的正规化有助于减少城市排放。尤其是 LAC 地区,辅助客运几乎完全正规化,加上向共享出行的转变,大幅减少了排放。辅助客运的正规化有助于对车辆标准进行监管,并采用更清洁的车辆,从而使这个领域成功脱碳。除了环境裨益,正规化还提出了一些必须考虑的公平问题,下文将进行讨论。

美国和加拿大可以实现人均城市排放的大幅绝对削减。在所有情景下,2015—2050 年,世界上所有地区的人均城市排放都会下降(图 3-10)。美国和加拿大作为一个地区的人均排放量与世界其他地区形成鲜明对比。2015 年美国 and 加拿大的城市居民因为在城市中移动而产生的 CO<sub>2</sub> 排放平均是亚洲城市居民的 19 倍,而亚洲是 2015 年总排放量第二高的地区。到 2050 年,亚洲的排放量已经增加了,但美国和加拿大地区的城市交通人均 CO<sub>2</sub> 排放仍将是亚洲的 12 倍。也就是说,这个下降幅度仍然可以算是庞大的,并且是所有人均排放为 2500 kg 的地区中人均排放绝对削减量最大的。

雄心勃勃的政策到 2050 年可以将某些地区的人均排放减少 90% 以上,尤其是 EEA 和土耳其地区,随后是美国和加拿大以及 OECD 太平洋国家。在再塑情景下,EEA 和土耳其可以将人均排放减少至全球最低。SSA 地区的城市交通人均排放量现在是最底的,预计未来的降幅也会是最小的——但到 2050 年降幅仍然可以达到 3/2。

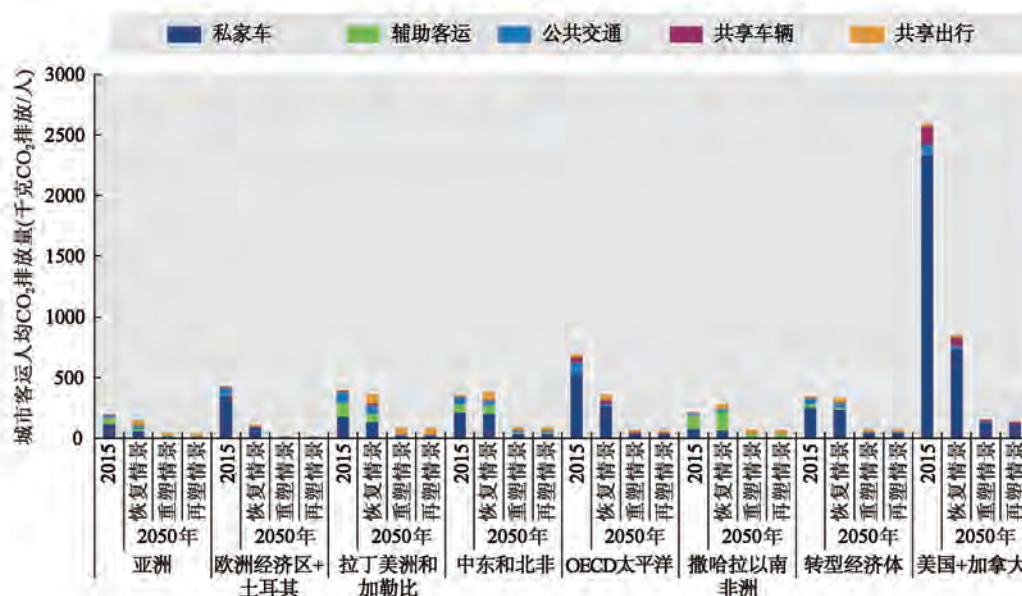


图 3-10 2050 年世界各地城市客运产生的人均 CO<sub>2</sub> 排放量

注:本图代表 ITF 模拟的预测结果。恢复、重塑和再塑是模拟的 3 种情景,分别代表疫情后脱碳政策逐渐递增的雄心。  
StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934238736>

机动化交通是本地污染物的一大来源,污染主要来自燃料废气和非排气装置,如制动、轮胎以及道路磨损。城市交通会产生氮氧化物(NO<sub>x</sub>)、硫酸盐(SO<sub>4</sub>)以及 2.5 微米及以下的颗粒物(PM<sub>2.5</sub>)的排放。本地污染物会对健康产生严重的不利影响。城市可以利用减少 CO<sub>2</sub> 和提高空气质量之间的协同效应来解决这些问题。

空气污染会对健康产生巨大的影响,而且是严重不平等的影响。2016 年,420 万人因为暴露在 PM<sub>2.5</sub> 的环境中患上心血管疾病、呼吸道疾病以及癌症而过早死亡。这些过早死亡的病例中,大约 91% 发生在发展中国家(WHO,2018<sup>[75]</sup>),暴露出明显的全球不平等。交通运输与电力生产、废弃物管理及工业一样,是环境空气污染的一大祸首,对解决这一问题负有共同责任。

城市中的交通空气污染最严重。城市中,暴露在更高污染程度环境下的人群的密度以及污染源本身的浓度都很高((Slovic 等,2016<sup>[76]</sup>)。少数民族、儿童以及低收入者比例较高的社区接触的空气污染

比白人和富裕人群更严重 (Reichmuth, 2019<sup>[77]</sup>; Barnes, Chatterton 和 Longhurst, 2019<sup>[78]</sup>)。即便在发达国家的城市中,情况也是如此,因为世界上所有地方的贫穷社区往往都紧临大型高速公路及其他污染源。

燃料技术是影响 CO<sub>2</sub> 及本地污染物排放量的决定性因素。最近,一些地区偏向使用柴油汽车,减少了 CO<sub>2</sub> 排放,但也引发了对城市空气污染的担忧。通过转向碳排放较低的替代选项减少化石燃料的消耗也可以减少以尾气为主的污染物。但是,改变不应仅止于此。制动、轮胎以及道路磨损等非尾气污染源也会产生 PM<sub>2.5</sub> (Panko 等, 2019<sup>[79]</sup>; Amato 等, 2014<sup>[80]</sup>)。车辆质量是决定这类排放水平的重要因素。由于电动汽车通常都比普通的汽车更重,因此它们在减少非尾气颗粒物方面的积极作用几乎可以忽略不计 (Soret, Guevara 和 Baldasano, 2014<sup>[81]</sup>)。图 3-11 所示为世界各地 NO<sub>x</sub>、PM<sub>2.5</sub> 以及硫酸根 (SO<sub>4</sub>) 的排放情况。MENA 地区 PM<sub>2.5</sub> 和 SO<sub>4</sub> 排放量最高, NO<sub>x</sub> 排放量没有 LAC 高。所有情景都预测,未来由于车辆更新以及机动化出行的占比减少,排放会大幅下降。在再塑情景下,EEA 和土耳其地区在 NO<sub>x</sub>、PM<sub>2.5</sub> 以及 SO<sub>4</sub> 的减排方面成效最显著,到 2050 年,分别下降至 2015 年水平的 7%、5% 和 12%。

在更具雄心的情景下,LAC 和 SSA 空气质量最显著的改善在一定程度上得益于辅助客运系统的正规化。正规化之后可以更加严格地规管车辆。在波哥大,辅助客运正规化推动了新技术的引入,总体上减少了 40% 的污染物排放。在低收入社区这种改变最为明显,因为这些社区空气质量最差,而且尤其依赖辅助客运系统 (Bocarejo 和 Urrego, 2020<sup>[82]</sup>)。

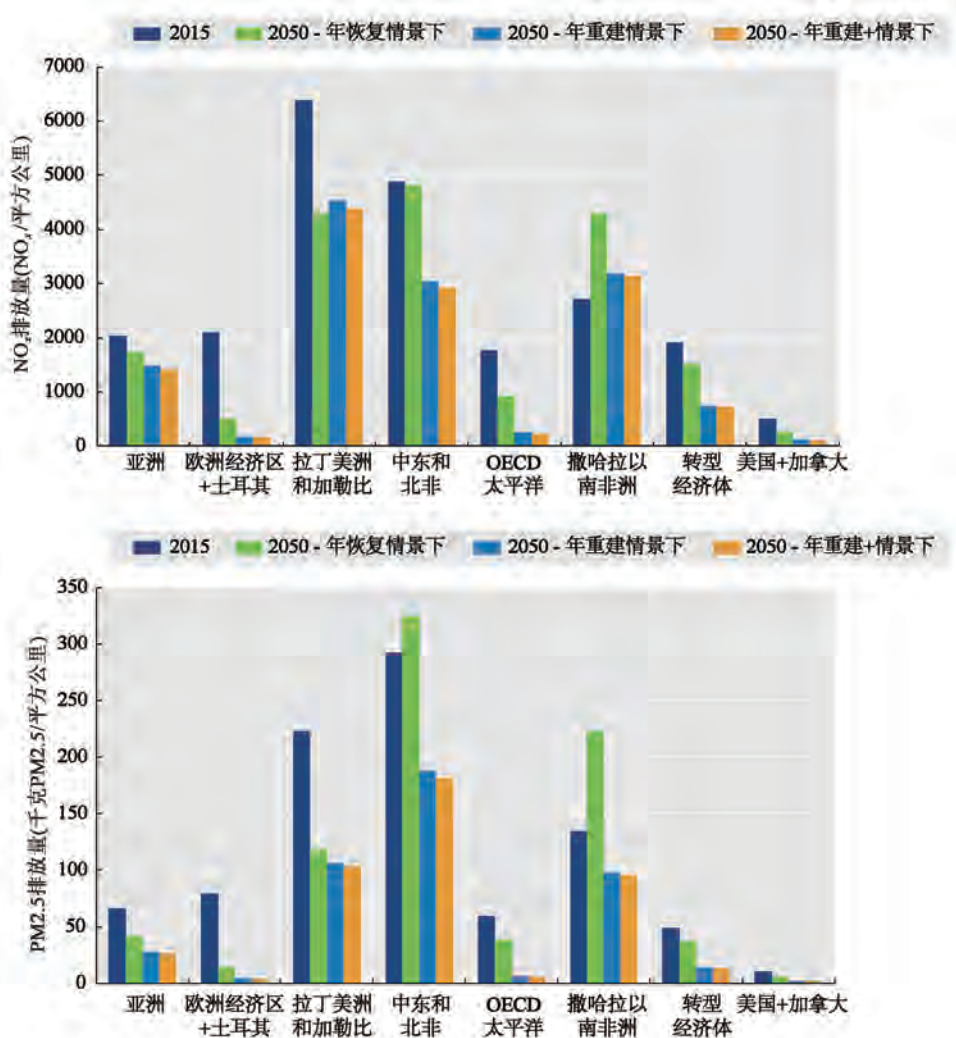


图 3-11

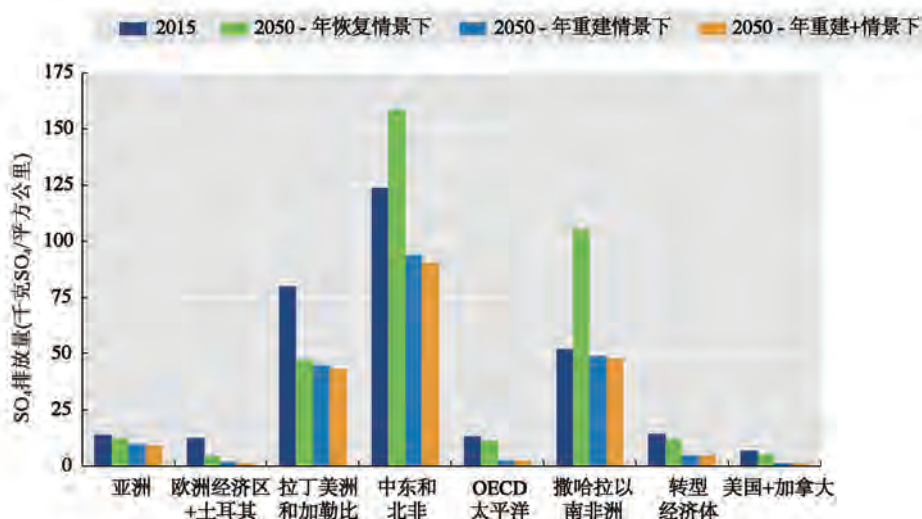


图 3-11 到 2050 年世界各地城市客运产生的污染物排放量

注:本图代表 ITF 模拟的预测。恢复情景、重塑情景和再塑情景是模拟的 3 种情景,分别代表疫情后脱碳政策逐渐递增的雄心。  
StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934238755>

图 3-11 所示的污染物排放平均数并不代表地面上个人暴露的完整情况。暴露风险是非常局部性的特点,甚至在一个城市内也可能有很大的差异。需要进行更详细的现场评估,才能确定每项干预措施的影响和潜力。此外,当地污染物暴露对健康的实际影响取决于几个因素,包括地理和气候等,但在这里并没有考虑这些因素。

## 3.6 出行公平和人类福祉:城市的可达性和交通网络的韧性

本节试图解答以下问题:城市脱碳政策如何影响可达性及福祉?减少私家车使用和增加公共交通及共享出行如何影响公平?土地使用以及城市空间优先化如何影响不同的群体?低排放交通系统有多坚韧?

交通脱碳措施不应影响公平目标。必须协调脱碳和福祉,确保公平,同时为那些需求一直被忽视的人群提升可达性。雄心较高的政策只有在提高生活质量而不是损害生活质量的情况下才会被公众所接受。政策制定者还需要考虑应该如何在不同的社会经济群体之间公平分配这些措施的成本和效益。

城市交通系统与人类福祉和社会公平密不可分。经济上较弱势的群体还面临着交通不平等和可达性较差等问题。通过增加机遇的可达性——商品、服务和人——交通服务可以提升社会和经济福祉(OECD, 2019<sup>[81]</sup>)。比如,研究已经表明,在拉丁美洲地区(Moreno - Monroy, 2016<sup>[83]</sup>)、亚洲及太平洋(Baker 和 Gadgil, 2017<sup>[84]</sup>)以及非洲(Chen 等, 2017<sup>[85]</sup>),为低收入社区增加公共交通可达性可以增加他们获得正式工作的机遇。

### 3.6.1 脱碳和可达性愿景

可持续地增加可达性意味着提升公共交通和可持续交通模式的可达性和质量,同时吸引用户减少使用可持续性欠佳的交通选项。从最广泛的意义上来说,这意味着把改进公共交通和主动出行置于优先位置,同时抑制私家车的使用,目标就是提供更多可负担、低排放且节省空间的出行方式,而且不会以牺牲可达性和福祉为代价。

衡量可达性有很多方式。通常,可达性指标考虑的是前往理想机遇所在地的出行时间或距离。ITF 城市客运模型计算出一种简化的度量来代表乘坐私家车和公共交通从城市中心到达城市边缘所需的平均时间。出行时间较短意味着机遇可达性更大。这个指标非常简单,并没有考虑实际的人与机遇的空

间分布(ITF,2019<sup>[86]</sup>;Geurs和van Wee,2004<sup>[87]</sup>)。但是,这个指标可以作为一个全球性标尺来对比城市中私家车和公共交通的可达性发展。

在再塑情景下,公共交通作为可达性提供者,比私家车更具竞争力。公共交通的花费通常比私家车更低,它为所有用户提供了更加经济实惠的出行模式。但是,由于公共交通的出行时间通常比私家车更长,所以会影响它的吸引力,当然还有一些其他的原因。图3-12是再塑情景对比恢复情景下,2050年世界各地私家车及公共交通可达性的提升或平均出行时间的减少情景。图中虚线上方的点表明,公共交通出行时间的改善比私家车要明显。通过这张图可以看出,在世界大多数地区,在再塑情景下,公共交通的出行时间比私家车明显改善很多。在更高雄心的政策下,私家车的出行时间总体上也在改善,但是改善速度低于比公共交通,因为私家车使用的减少以及相应的拥堵减少,大大减少了公共交通的出行时间。EEA和土耳其地区是例外;这个地区汽车的出行时间更久,而公共交通的可达性保持不变。

在再塑情景下,发展中国家公共交通的可达性改善很大。旨在促进公共交通投资的政策对发展中国家的可达性影响比较大。在亚洲、MENA、LAC、SSA以及转型国家,公共交通的出行时间在再塑情景下比在恢复情景下减少17%~21%。在发达国家,改善幅度较小。在欧洲城市,时间上的改善比较小,可能是因为公共交通基础设施的覆盖程度已经很高。在美国和加拿大的城市,情况则正好相反,改善较小可能是因为出行距离太长,阻碍了公共交通的进一步普及。公共交通和私家车相对可达性的变化,部分原因在于定价机制抑制了私家车的使用,以及同时公共交通获得了改善。

再塑情景和恢复情景下,汽车和公共交通从市中心到城市边缘所需的平均时间对比

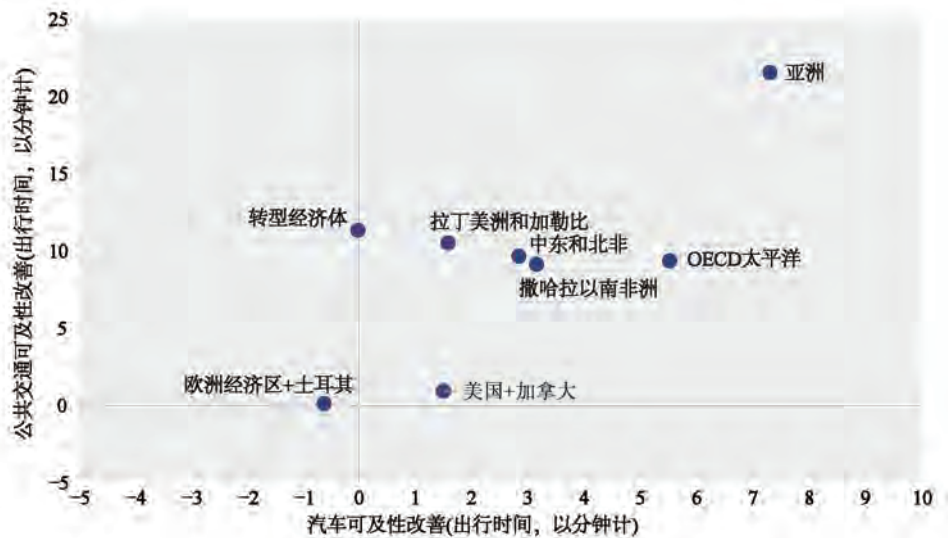


图 3-12 到 2050 年世界各地区公共交通及私家车可达性的潜在改善情况

注:本图代表 ITF 模拟的预测。恢复情景、重塑情景和再塑情景是模拟的 3 种情景,分别代表疫情后脱碳政策逐渐递增的雄心。

可达性以通过城市区域半径所需的平均时间来表示。可达性(或出行时间)的改善就是再塑情景和恢复情景下数值的差异。

通过每个地区的城市区域所需的时间都是平均值。

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934238774>

汽车的使用成本被人为地压低了。定价机制如果落实得当,可以将驾驶汽车对外界产生的消极的社会、经济及环境影响内在化(Litman,2020<sup>[88]</sup>),并将成本转移到驾驶者身上。定价政策有助于鼓励人们转向更加可持续的出行模式以及选择非高峰时刻出行。这些政策的分配影响取决于城市的社会-空间特征、居民的出行行为以及获益资金的使用方式(Taylor,2010<sup>[89]</sup>)。定价措施需要平衡在模式转变及出行时间上获得的效益与可能对公平产生的不利影响。在收入较低的地区,公共交通可用性较低,所以定价措施一方面可以迫使低收入居民不使用私家车,但另一方面,也会因此影响他们获得机遇(Di Ciommo和Lucas,2014<sup>[90]</sup>)。根据收入水平决定定价等级,可能是一种更加公平的机制。但是,在汽车用

户占多数的地区,这样的机制设计可能会影响减少汽车使用的有效性(TransForm,2019<sup>[91]</sup>)。

政策应该重点关注提供汽车替代选项且不影响弱势群体的可达性。在公共交通系统较弱的地区,私家车可能是主要的、甚至是唯一的获得基本机遇的方式。这对低收入群体的影响是不公平的,他们不得不拥有一辆私家车,而私家车的高昂代价限制了他们对其他基本服务的预算,例如,住房或者医疗(Mattioli,2017<sup>[92]</sup>)。要改变这一情况,必须将抑制私家车的使用与提高可持续交通模式的可达性相结合。简单地对汽车使用征收额外费用,却不提供备用交通选项,只会适得其反,影响中低收入群体的可达性,而更高收入的群体则可以享受不再拥堵的道路以及更短的出行时间。此外,如果有好的公共交通和共享出行选项,与定价机制相辅相成,则可以让裨益惠及所有收入群体(Crozet 和 Mercier,2018<sup>[93]</sup>)。

改善公共交通,是为所有人提供可负担、可持续的可达性的关键。解决交通不平等问题,意味着为边缘化群体改善机遇可达性。通常,这需要将高质量的公共交通服务扩展至城市的边缘地区。ITF 最近的一项研究分析了欧洲 121 个城市不同交通模式提供的城市中心和更广通勤区的机遇可达性的差异。研究发现,在欧洲城市,更广通勤区公共交通提供的可达性比市中心要低。而且,这些区域是较低收入的家庭最集中的地方。在 12 个表现最差的城市中,居住在城市边缘的人群中,只有不到 20% 的人在附近拥有公共交通服务。基础设施投资有助于为通往城市提供更快更可靠的交通(ITF,2019<sup>[94]</sup>)。

公共交通的可负担性是可达性的核心成分。除非用户有办法使用公共交通服务,否则在空间上接近公共交通是没有意义的。在哥伦比亚首都波哥大,考虑到交通费用和低收入家庭的预算,机遇可达性将减少 54% (Peralta Quiros 和 Rodríguez Hernández,2016<sup>[95]</sup>)。许多政府为了让较低收入的群体也能享受公共服务,会为用户提供补贴(Li,2019<sup>[96]</sup>)。基于收入、家庭状况和其他社会经济标准的定向补贴,往往能在交通体系的可负担性和财政的可持续性之间提供最佳平衡。例如,根据年龄发放的一般性补贴并不总是能反映经济需求。但是,对学生提供补贴,可以带来其他好处,如帮助学生从小养成更可持续的交通行为。

技术的改进,例如智能卡和数据管理工具,可以改善对弱势用户的针对性补助。在哥伦比亚首都波哥大,当地政府根据社会项目受益人选择系统(SISBEN)提供的数据对公共交通用户发放车费补贴。SISBEN 是一种分层工具,已经应用于水、电及医疗补贴的发放系统中。通过这个特定的系统,波哥大的 SISBEN 受益人每月增加的出行比非受益用户多了 50% 以上((Peralta Quiros 和 Rodríguez Hernández,2016<sup>[95]</sup>)。这个补贴也为居住在城市边缘的人增加了机遇可达性,因此减少了空间不平等((Guzman 和 Oviedo,2018<sup>[97]</sup>)。

服务质量的改进有助于提升可达性。容量、可靠性以及服务时长的增加可以让公共交通对所有用户变得更加便利、更具吸引力,尤其是那些完全依赖公共交通系统的人群。除了这些一般性的改进,还有针对性措施可以提高公共交通的使用度以及特殊群体的满意度,一般的政策通常会忽视或轻视他们的需求(van Lierop 和 El - Geneidy,2016<sup>[98]</sup>)。例如,针对安全和安全意识的专门措施可以增加女性对公共交通的青睐(Shibata,2020<sup>[99]</sup>; Badiora, Wojuade 和 Adeyemi,2020<sup>[100]</sup>; Chant 和 McIlwaine,2016<sup>[101]</sup>)。

整合共享出行可以促进所有人的可持续出行。为了充分利用共享出行带来的环境和社会效益,应该将共享出行服务的基础设施、服务时刻表及票务与现有的公共交通进行整合。出行即服务(MaaS)应用程序可以协助整合过程。然而,目前还没有 MaaS 的最佳实践范例。只有建立监管框架,协调定价、土地使用和基础设施设计,以及特许权分配和监督活动,才能实现最高的社会效益(ITF,2018<sup>[102]</sup>)。需要特别注意 MaaS 在改善弱势群体交通出行方面的作用,以及如何设计共享出行服务来特地满足弱势群体的需求(Pangbourne 等,2020<sup>[103]</sup>)。

共享出行可以更好地连接城市的外围。合乘服务可以成为城市边缘地区连接到主要公共交通站的最有成本效率的方式。ITF 模拟发现,在法国里昂,以厢式汽车为主的综合拼车系统可以使本地的就业机遇可达性增长 2 倍。尤其是城市边缘地区可达性的提升最明显(ITF,2020<sup>[25]</sup>)。共享微出行形式可以提高密度较高的城市区域的可达性,而且在一定程度上,可以通过提供“最后一公里”服务来增强密



度较低的郊区的可达性。在芝加哥和费城,规划良好的共享单车服务,相较于其他收入群体,可以在更大限度为低收入社区改善就业机遇可达性(Qian 和 Niemeier,2019<sup>[104]</sup>)。

只有低收入群体也能负担得起共享出行和微出行,才能是公平的交通模式。在旧金山,无桩共享汽车服务由于服务面积较大、停放方便,因此可以比带桩共享汽车更好地为低收入社区提供可达性(Qian, Jaller 和 Niemeier,2020<sup>[105]</sup>)。城市当局应该确保干预措施不会忽视低收入地区。例如在丹佛,公共工程部门要求汽车共享公司在“机遇区域”,即至少 30% 的人口生活贫困的区域建立基础设施(Kodransky 和 Lewenstein,2014<sup>[106]</sup>)。

缺乏互联网、智能手机以及网上支付服务的使用通道可能会限制共享出行的使用。移动手机普及率在发展中国家和发达国家都在 90% 左右(德勤,2019<sup>[107]</sup>)。但是性别、就业、文化程度或年龄等个人特征可能会对人们使用智能手机产生负面影响(ITU 和 UNESCO,2019<sup>[108]</sup>)。移动支付还面临着其他障碍。在美国,有 1700 万人,相当于 1/12 的家庭没有银行账户(Kodransky 和 Lewenstein,2014<sup>[106]</sup>)。共享出行服务必须考虑到这些不平等问题,不让任何人掉队(Cohen 和 Shirazi,2017<sup>[109]</sup>)。

共享出行服务的可负担性是运营商要考虑的问题,同时也应是政府要考虑的问题。大多数国家都是私营倡议发起了基于应用程序的共享出行新形式。这些服务需要较高的初始资本投资,而且它们的数字支付系统交易成本也很高。正因如此,许多企业模式都是针对高收入群体,为他们提供这些新型服务,尤其是在发展中国家。尽管共享出行对环境和公平有积极影响,但在这样的条件下,将共享出行的积极成果扩展至较低收入的群体,对私营运营商来说可能极具挑战性。在墨西哥城,拼车服务初创公司 Jetty 尝试超越普通的中高收入客户市场,将服务扩展至较低收入的群体。他们尝试将价格降低至 5 墨西哥比索(0.23 美元)左右,也就是城市公交车的平均成本。实施过程中遇到的一大困难就是电子支付的佣金成本太高(Flores,2020<sup>[110]</sup>)。如果单笔交易额很小,佣金就会占去相当大部分的利润。开发新的商业模式,通过适应用户的收入特征和需求来解决这些问题,可以成为部分解决方案(Wiprächtiger 等,2019<sup>[111]</sup>)。考虑到共享出行可能对可达性及环境带来的积极影响,增强与公共机构的合作,将这些服务扩展至较低收入的群体,将产生有益的成果。

新的监管框架可以提高用户对共享出行服务的负担能力。在传统交通覆盖有限的服务不足的地区,共享出行服务可以增强这些地区的机遇可达性。在这样的情况下,有这样一个问题,即共乘等特定服务是否可以获得公共交通专用补贴(ITF,2019<sup>[112]</sup>)。这需要与私营运营商达成协议,而且在很多情况下,需要考虑拓宽哪些服务可以获得补贴的法律定义。许多国家的共享出行服务还未得到监管或者属于法律灰色区域。相关机构如果想要成为多模式、可负担且可持续的交通服务供应系统的一部分,需要与共享出行运营商合作制定新的框架和法规。这些关系在疫情后的复苏过程中十分重要。

辅助客运服务为居住在城市边缘的较低收入群体提供了宝贵的联通,发展中国家尤其如此(IDB 和 ITF,2020<sup>[113]</sup>),但它们也对监管提出了挑战。辅助客运服务的运营框架与正规的公共交通系统不同,有些辅助客运服务的运营完全不受任何监管监督,有些则是按照与政府正式或非正式商定的不明确的规则进行运营(Salazar Ferro,2015<sup>[23]</sup>)。根据 ITF 的模拟结果,将非正式的辅助客运融入监管良好的共享出行,可以收获可观的脱碳成果。实例证明,辅助客运正规化还能带来其他好处,如提高服务质量标准、改善道路安全以及空气质量等(Bocarejo 和 Urrego,2020<sup>[82]</sup>)。如果正规化过程中也能包括收费整合和补贴发放,则还能增加出行的可负担性(Salazar Ferro,2015<sup>[23]</sup>;Bocarejo 和 Urrego,2020<sup>[114]</sup>);否则,出行成本可能会上升(Bocarejo 和 Urrego,2020<sup>[82]</sup>)。从现金转向数字收费系统,可能会导致一些关系变得紧张:数字支付系统会收取较高的佣金;而且驾驶员可能会认为支付延迟,且感觉自己的掌控权减弱了(Flores,2020<sup>[110]</sup>)。

为了缩短出行距离而进行的城市密集化一定不能到过度拥挤的地步。土地使用政策以及以公共交通为导向的开发是否能建设更加健康、可持续以及平等的社区,主要取决于两个因素:社区的人口密度以及住房单元的宜居性和可负担性。密度的提升以及土地使用的多样化意味着行程距离缩短,因此出行产生的碳排放可能更少。同时,还能让公共交通变得更高效。然而,当密度提升到过度拥挤的程度,

结果可能会损害健康和城市生活的整体质量。新冠肺炎疫情就与新型冠状病毒在过度拥挤的低收入社区快速传播有关。这在一定程度上与较低质量的生活条件相关,使人们很难采取预防措施。租金价格太高,也导致更多的人挤在更狭小的空间内。可负担且质量良好的住房是解决过度拥挤的关键。

不加管制的以公共交通为导向的开放可能会导致住房更加昂贵。靠近良好的公共交通可以提高投资社区的租金和土地价值。中产阶级化可能会迫使不太富裕的居民迁到城市中服务和可达性比较欠缺的地方。除非能够防止这种被迫迁移,否则公共交通投资的受益对象,可能并不是以公共交通为导向的开发所针对的目标群体。必须在这些开发过程中,通过确保租金受控和混合收入住房,为现有居民提供支持。可在规划过程中与当地居民进行合作。

减少分配给汽车的道路空间可以让城市更加安全、更加公平。目前大部分城市空间都用于停放汽车。在城市街道的使用上优先考虑汽车,是对驾驶员的过分偏袒,影响了其他交通参与者利用街道空间满足自己的出行需求。可持续交通模式的用户大多是年轻人或老人、女性、低收入者以及少数族裔。将道路空间过多地分配给汽车还产生了一个重要的机遇成本问题,因为这样就无法将空间分配给可以为社会更多群体带来裨益的城市设施和住房开发。在城市土地和可负担住房日益稀缺的城市,情况尤其如此。

将道路空间分配给可持续出行可以带来重大的社会效益,尤其是可以提高道路安全性。重塑和再塑情景整合了一系列措施,旨在扩大分配给可持续出行模式的道路空间,增加这些出行方式的模式占比。这些措施包括加长公共交通的优先车道,以及延长并拓宽人行道和自行车道。研究表明,在城市驾驶汽车和摩托车的死亡风险分别是骑自行车的3倍和11倍(ITF,2020<sup>[115]</sup>)。

即使用户的出行模式发生了转变,主动出行用户将继续与重型车辆共享道路空间。到2050年,全球大约有40%的人口将是15岁以下的儿童或者65岁以上的老人。主动出行或微出行为这些群体以及其他群体提供了独立以及可负担的出行选项。确保他们的安全出行不仅取决于行人、自行车用户以及微出行用户可以享用安全、受保护的基础设施,下调车速限制对于提高城市地区的道路安全性也至关重要(详见案例框3.3)。

### 案例框 3.3 城市道路安全的最佳实践

对于想要提高宜居性的城市,道路安全变得越来越重要。降低城市交通的风险,不仅是拯救生命,还能让人们感觉更安全,鼓励人们转向步行和骑车。这样的可持续交通模式可以减少污染、缓解拥堵以及解决公共健康问题。安全是可持续城市出行规划中至关重要的一部分。

应该向那些已经显著减少道路交通伤亡的城市学习。在城市道路安全最佳实践中,ITF(2020<sup>[116]</sup>)提供了相关政策的示例。这些政策包括建立可靠的交通伤亡数据、执行限速、实施更加安全的道路设计以及预测和预防道路事故等。

伦敦是报告中提到的一个案例城市,旨在到2041年之前消除致命和严重的交通伤害。市长交通战略有助于实现这一目标,战略包括为步行者和自行车用户重新分配道路空间、减少汽车的使用。这个政策也减少了温室气体排放。同时,还减少了本地的空气污染并解决了肥胖流行症,这两个问题对贫困社区的影响最大。通过减少汽车使用,这个战略提高了最有效的公共空间用途——步行、自行车以及公共交通——的优先性,因此城市既能获得发展,又不会产生拥堵问题。优先考虑更具可负担性的交通方式,也有助于建设一个更加包容的城市。最后,减少汽车的使用可以让街道更加安全,进而鼓励人们转向主动出行,形成良性循环并加快变革速度。

报告中提到的另一个城市是福塔雷萨,是少数几个在过去10年中成功将道路死亡数量减少一半的城市之一。这座位于巴西的城市扩展了自行车道及公共汽车优先车道,投资改善交通,重新设计人行道,并降低了主干道的速度限制。这些措施在解决道路危险的同时,也降低了人们对汽车的依赖。

性别影响出行模式,交通规划中也应考虑到性别的影响。性别严重影响了人们的出行方式。劳动力中女性承担的工作类型可能不太涉及传统的通勤出行。例如,女性在服务业以及护理行业的比例较高,而且在家庭中承担的角色也比男性更多。因此,她们的出行模式通常更加复杂,串联着多个出行目的和目的地。女性的出行通常距离较短,更多的是跨模式出行,在一趟出行中综合了好几种交通模式,而且通常选择非高峰时段。她们也倾向于选择主动出行模式,通常是步行(Miralles-Guasch, Melo 和 Marquet, 2015<sup>[117]</sup>)。因此,女性往往比男性更注重公共交通服务的可靠性。这从性别角度突显出交通服务韧性的重要性(Ng 和 Acker, 2018<sup>[118]</sup>; ITF, 2019<sup>[119]</sup>)。安全问题也是如此。在公共空间中,女性比男性面临更高的风险,而且女性步行的占比更高。在发展中国家尤其如此,因此主动出行模式对女性的安全性比男性低(Chant 和 Mellwaine, 2016<sup>[101]</sup>)。

基于性别考虑制定的交通政策有助于改善公共空间和基础设施,更好地服务于女性的出行模式和需求。从不同的模式、收入群体以及世界的不同地区出发,模式份额不平等可能会更严重(Gauvin 等, 2020<sup>[120]</sup>)。在拉丁美洲城市,女性自行车出行占比最多达到 30%,而在欧洲的一些城市地区,女性用户的自行车占比甚至高于男性(Montoya-Robledo 等, 2020<sup>[121]</sup>)。即便是在女性自行车占比较高的城市地区,女性在使用主动出行基础设施时可能也会面临困难,因为这些设施的建设并没有考虑女性用户的需求。例如,对于想要带着孩子骑车的用户,可能缺少相应的基础设施(Montoya-Robledo 等, 2020<sup>[121]</sup>)。

### 3.6.2 脱碳政策的目标越高,交通系统的韧性就越强

增强交通系统应对外界影响的韧性,是全世界的城市面临的日益增长的需求。韧性是交通系统在受到冲击导致不同交通模式受到不同程度的影响而仍然能正常运作的的能力。外部冲击可能是自然灾害或极端天气现象引起的,使车辆无法出行。2018年,在一项针对全球 500 多个城市的研究中,超过一半以上的城市表示,在中短期内,交通系统是最容易受到气候变化影响的公共服务(Ahmed 和 Dey, 2020<sup>[4]</sup>)。冲击还可能包括意外事件,如全球疫情。在疫情下,共享形式的交通可能并不理想。燃料分配或能源生产过程中出现的意外可能会进一步影响交通系统的某一部分,因此需要建设交通系统的韧性,以应对这些可能出现的意外。

模式可用性是量化城市交通网络韧性的一个有效指标。ITF 城市客运模型计算出在给定的城市区域中,当一种交通模式中断时,出行者选择另一种模式的可能性有多大。该模型考虑了每个城市的模式占比,并给出一个介于 0~1 的指标。在韧性水平达到 1 的城市区域中,城市中的所有交通模式占比相同或者说使用程度相同。韧性水平为 0 说明城市中所有的运输活动都依靠某种单一的运输模式,因此一旦这一模式中断,整个交通系统都无法运转。这种方法提供了一个简单的指标,可以跨越时间衡量交通的韧性,并且可以对世界上各个不同的地区进行比较。它补充了其他量化韧性水平的措施和方法(Ahmed 和 Dey, 2020<sup>[4]</sup>; Jaroszweski, Hooper 和 Chapman, 2014<sup>[122]</sup>; Arup, 2018<sup>[123]</sup>; Temmer 和 Venema, 2017<sup>[124]</sup>),其中包括考察交通系统中不同组成部分之间的相似性、一个系统中不同模式之间的效率和依赖度、系统从冲击中恢复的能力,以及利益相关方之间的协调程度(Ahmed 和 Dey, 2020<sup>[4]</sup>)。

较高的脱碳雄心可以通过增加模式选择的多样性提升交通系统的韧性。世界上大多数地区在再塑情景下的模式韧性最强。发达国家尤其如此。如图 3-13 所示,在重塑情景下,到 2050 年之前韧性提升最大的地区是美国和加拿大、EEA 和土耳其以及 OECD 太平洋国家。在恢复情景下,世界上有些地区的城市客运活动集中在私家车的使用上。更高雄心的脱碳政策可以提升这些地区交通模式的多样性和系统的韧性。这是一种积极的发展,可以和其他更直接的措施相配合,提高基础设施和服务的韧性。

即便是在推广可持续交通模式,如果交通系统依赖的模式更多样化,而不是仅只有几种,则系统的韧性也会更高。如图 3-13 所示,发展中国家韧性的提升是有限的,而且在亚洲和 SSA 等地区,交通模式的韧性甚至在重塑情景下都处于下滑状态。在重塑情景下,这两个地区的交通活动比其他地区更集中于共享出行模式。尤其是当辅助客运融入共享出行后,这样的情况更明显。从脱碳角度来看,这也许是

积极的。但是,从系统韧性的角度来看,这样的结果更突出了模式多样性对一个能够应对并适应外部冲击的坚韧系统的重要性。

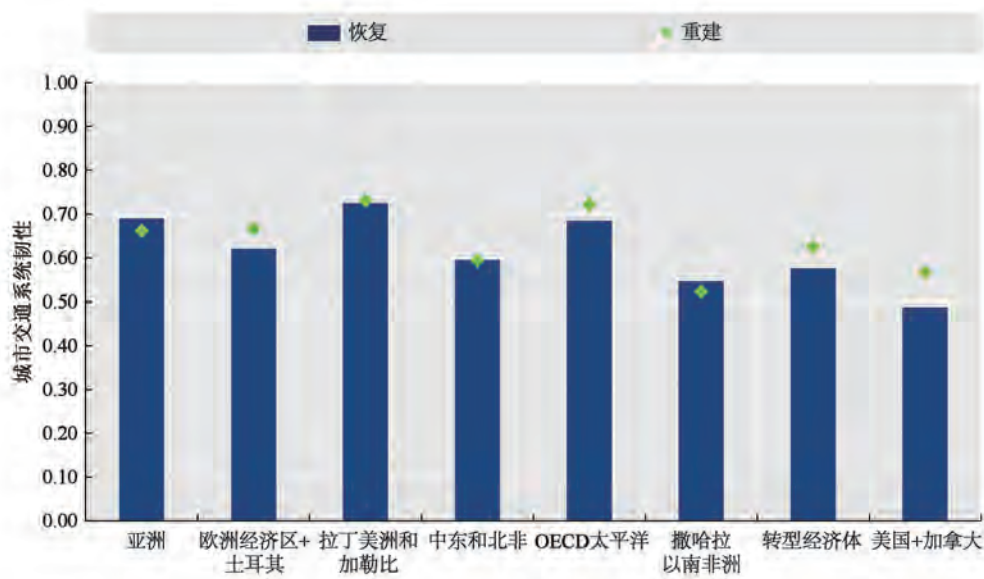


图 3-13 2050 年世界各地城市交通系统的韧性

注:本图代表 ITF 模拟的结果。交通系统的韧性是指系统承受冲击的能力。模式可用性是量化交通系统韧性的一个有效指标。这个指标是根据每个城市的模式占比计算得出的,数值在 0~1 之间。数值为 1 代表所有模式均可用且使用度相当,而数值为 0 代表城市中所有交通都依赖某种单一的模式。相较于所有交通需求都依赖一种模式的城市,在韧性更高的城市,某一模式的中断产生的影响会比较小。

StatLink 2<https://doi.org/10.1787/888934238793>

## 3.7 政策建议

本交通运输展望的研究结果应该被视为行动的号角;沿着恢复情景下的轨道,仅遵循现有的承诺是不够的。城市交通在大幅削减碳足迹方面具有巨大的潜力。有了正确的政策工具,城市交通的排放可以减少将近 80%。但是,这需要各个城市在气候行动规划中表现出更强的雄心。各国政府可以通过提供资金和政策杠杆,赋予城市应对脱碳挑战的能力。为此,也为了有效落实各项措施,良好的大都市交通管理至关重要(ITF, 2018<sup>[125]</sup>)。新冠肺炎疫情对城市的客运脱碳而言是一把双刃剑。以下建议可以帮助政府重塑城市交通系统,在疫情后复苏的过程中,公平、彻底地减少碳排放。

### 3.7.1 赋予城市交通脱碳发展动力,提高可达性,实现幸福出行

国家政府需要确保地方政府拥有正确的工具和能力,提高脱碳政策的雄心并增强交通部门的韧性。国家可以通过提供额外的资金,使当地政府有能力实施包容且可持续的交通政策。国家政府也能够确保城市政府可以合法地在更广泛的区域落实措施。在地方层面上,城市政府应该根据《巴黎协定》下国家自主贡献(NDCs)修订版中的国家目标甚至是更高的目标来采取配套措施。城市需要将交通政策的重点从个人流动性最大化转移到为所有人提升机遇可达性以满足自己的需求。只有以这个转变为前提,才能确保脱碳政策为社会和经济福祉带来持久效益。

### 3.7.2 优先资助可持续城市交通中的道路投资

城市必须为理想的未来进行投资。可持续、包容且宜居的城市会把更大比例的预算投资于改善公共交通和主动出行,而不是为私家车建设更多的基础设施方面。它们也会支持其他的共享出行模式,为

替代私家车提供有效的备用选项。对可持续交通不断增加且持续的投资将确保城市从新冠肺炎疫情后恢复时,有能力建设一个更加可持续和公平的交通系统。公共交通和共享出行缺乏资金可能会危害可持续性,并大大减少没有办法使用汽车的居民的交通选项。过度依赖乘客票价可能会影响公共交通的服务,尤其是在疫情这样的干扰情况下。资金可以来自道路收费和燃料征税,也可以来自土地价值捕获机制。需要注意土地价值捕获可能引起的中产阶级化问题。

### 3.7.3 改善公共交通质量,提供更加包容且可靠的服务

更好的公共交通服务可以吸引更多的用户。更多的公共交通用户意味着更加可持续的城市交通。拓宽道路网络、增加服务频次,可以改善城市提供的机遇的可达性。对可靠性、安全性以及保障性的重视可以增加公共交通对用户的吸引力,对票价及服务时刻表的整合、便利的车站以及干净的车厢也有助于增加吸引力。这也有助于恢复用户对公共交通的信任,特别是在新冠肺炎疫情期间,全球许多城市的用户对公共交通都失去了部分信任。如果政府能确保票价保持在可承受的范围内,高质量的公共交通也能让城市交通变得更加公平。

### 3.7.4 综合土地使用和交通规划,支持以社区为中心的城市可持续发展模式

远程办公的增加带来了城市扩张的担忧。远程办公减少了通勤出行的问题,可能会促使市民搬迁到离市中心办公区更远的地方。如果管理得当,这可以成为一个机遇,推动以社区和公共交通为中心的城市发展。

整合交通、土地使用及城市规划对于管理城市的可持续发展非常重要。区域用途混合、密度提升以及以公共交通为导向进行开发,将缩短居民获得必要品的出行距离,增加步行或自行车对本地出行的吸引力以及公共交通对较长行程的吸引力。

从微观层面来看,整合交通和土地使用规划应该确保城市空间的分配有益于所有居民,并重新考虑为私家车停放提供公共空间的社会效益等问题。在疫情期间,许多城市临时为步行和自行车重新分配了更多的空间,现在城市有机会可以将这种暂时改变永久化。抓住这个机遇,城市便可以更快为安全、便捷、可负担的出行扩展基础设施。

新的城市开发模式也有可能让公共交通不再以通勤者为中心,而且变得更加公平。以社区为基础的城市开发可以让交通服务更符合用户群体的需求,这些用户的出行距离更短,但出行模式更加复杂,不再是像通勤者前往城市中央商务区这样的需求。这些用户包括女性、老人以及儿童。

### 3.7.5 给予城市绿色出行车辆激励机制

到2050年,至少1/3的城市出行仍然是依靠私家车完成的。减少这些汽车出行产生的排放需要技术改进,提升燃油效率。增加这些燃料新技术的可负担性对于城市客运脱碳是至关重要的,尤其是如果这个地区的居民没有私家车以外的其他交通选项。车辆改进对于发展中国家的公共交通车辆也非常重要。政府在设计新冠肺炎疫情后的复苏计划时,应该为这些新技术规划研发资金,同时通过提供更多的充电基础设施和财政上的购买刺激,鼓励私人、共享及公共车辆使用这些技术。

### 3.7.6 鼓励交通创新,与新型的城市出行服务提供商合作,实现效益最大化和成本最小化

管理良好的共享出行可以补充并扩展公共交通的覆盖范围,带来大量好处,例如减少交通排放和提高机遇可达性。相反,如果共享出行和公共交通相竞争,则会对可持续性产生不利的影响。

政府和运营商必须共同合作,确保提供可负担的新型出行服务,尤其是在公共交通服务不足的地

区。在共享出行提供“最后一公里”解决方案的情况下,可以考虑向特定区域或用户群体提供针对新兴共享出行服务的补贴,这些补贴以前都只限于公共交通。在密度较低的地区或非高峰时刻,共享出行也能提供成本效益较高的交通解决方案。可以通过出行即服务(MaaS)平台,协调共享出行与公共交通。

### 3.7.7 综合推进交通脱碳与韧性提升,以可持续的方式满足未来的需求,抵御干扰

雄心勃勃的城市交通脱碳政策可以提高城市交通系统抵御干扰的能力。气候变化减缓政策将减少对私家车的过度依赖,并创建一个多模式的交通网络。多模式系统可以更加灵活地适应未来出行需求的变化和极端天气现象或疫情等意外干扰。除了模式多样性之外,政府还需要考虑运输系统在外部事件发生后调整并恢复运营的能力。此外,还应考虑运营操作和基础设施的韧性。

## 第4章 非城市客运:绿色交通的重要领域

非城市客运通常比城市交通距离更长、乘客更少。本章主要讨论地区及城际出行对减少整体交通排放的决定性影响。本章指出了该领域在疫情后复苏阶段面临的脱碳挑战和机遇,并预测了未来3种不同情景下的运输活动及排放。本章还讨论了脱碳政策的社会影响,并强调了公平落实过程中应注意的重要考量。

### 概要

城市地区之外的客运减排——一场胜负难料的战斗

非城市交通 CO<sub>2</sub>排放量占客运活动产生的 CO<sub>2</sub>排放总量的 60%。实现城市之间或农村地区之间的航空、公路及铁路交通的脱碳比减少城市出行排放更具挑战性,因为前者距离更长、乘客更少。目前仍然很难找到能够替代化石燃料的低碳选项来为长途出行提供动力。

非城市客运领域已经走到了十字路口。在需求与排放继续步调一致或需求与排放相解绑这两条道路中,我们必须作出选择。第二条道路可以保障居民获得机遇,支持经济的发展,同时减少排放。

如果非城市客运继续现在的轨道(正如在恢复情景下),2050年它的排放将比2015年高出25%,CO<sub>2</sub>排放量将超过30亿吨。排放量的增加主要是由航空引起的,到2050年之前航空产生的排放将占到所有非城市排放的60%左右。

但是,也存在另一条不同的路径。2050年非城市客运的碳排放最多可以比2015年减少57%。选择这条路径,就必须落实雄心勃勃的政策,充分利用疫情后复苏带来的脱碳机遇(再塑情景)。要想让这一情景成为现实,需要施行的措施包括碳征税、实现电网绿色化以清洁能源为电动车供电,以及制定以环境可持续为重点的经济复苏计划。

新冠肺炎疫情动摇了客运领域的核心。非城市交通的出行量下降了大约40%。很多国际商务出行都被视频会议所取代。经济下行导致 CO<sub>2</sub>排放出现短暂下跌。为了实现可持续的经济复苏,推行的政策应该刺激那些可减少长途出行排放的经济活动,例如支持对清洁飞机的投资,或者鼓励减少商务出行。

未来,人们的出行活动并不会停止。根据雄心勃勃的重塑和再塑情景的预测,即便落实了严格的脱碳政策,非城市交通需求到2050年将仍将增长超过100%。这个增幅只比当前政策下稍稍低了一些,在恢复情景下预测的需求增长率是114%。但是在雄心勃勃的政策下,由于更多地转向更可持续的交通模式以及技术的改进,排放将大幅下降;而如果是当前的轨道,排放将继续上升。

综上所述,我们给出如下政策建议:

- (1) 提高高排放非城市交通的价格,从而鼓励使用清洁替代。
- (2) 制定有助于刺激可持续非城市交通发展的疫情后复苏计划。
- (3) 协调交通和能源领域的脱碳政策,重点关注零碳交通对清洁能源的依赖。
- (4) 规定航空使用替代燃料,鼓励长期创新。

- (5) 鼓励转向低排放的非城市道路交通,降低其成本,增加用户对清洁交通选项的信心。
- (6) 积极投资交通领域之外的技术发展,确保新技术可大规模应用,全面推进脱碳努力。

非城市交通指的是城市区域以外的所有交通活动。其中的两个主要组成部分就是地区出行和城际出行。地区出行是指包括城市郊区和农村地区出行在内的国内交通活动。城际出行包含国内或国际的城市地区之间的出行。在 ITF 的模拟框架下,城际出行的可用交通模式有公路(汽车、公共汽车以及摩托车)、轨道、航空以及渡船。至于地区出行,交通选项只有公路和城市轨道交通。非城市客运的排放占有所有交通 CO<sub>2</sub> 排放的 34%,占客运排放的 60%。2015 年,非城市客运的交通量达到 32 万亿人公里,产生了 24.82 亿吨 CO<sub>2</sub>。

减少非城市客运产生的排放,是一场胜负未定的战斗。地区和城际交通对化石燃料的依赖度很高。非城市客运的活动总量及排放很可能在经历了新冠肺炎疫情引起的骤降之后,继续增加。ITF 预测 2050 年非城市客运活动可能增加 1 倍以上,排放将最多增加 25%,其实这个增幅已经因为经济对需求残余的影响,而没有疫情前那么强劲了。

2020 年疫情导致非城市客运需求下降 1/3 以上。为了应对疫情危机而实施的出行限制以及严格的封锁措施,导致 2020 年地区和城际出行需求相较于疫情前的预测,减少了大约 38%。而疫情对国际出行的影响比对国内出行更严重。需求下降导致 CO<sub>2</sub> 排放也大幅下降。但是,这种下降可能只是暂时的:非城市出行在模拟的 3 个情景中都是很快就从新冠肺炎疫情的影响下恢复过来。

更加严格的政策可以巩固疫情期间取得的脱碳进展,并帮助控制非城市交通的 CO<sub>2</sub> 排放。在再塑情景下,由于实施了雄心勃勃的政策,2050 年地区和城际交通产生的 CO<sub>2</sub> 排放比 2015 年水平减少 57%,降至 10.7 亿吨。疫情后的复苏可以成为地区和城际出行脱碳的催化剂。政策制定者应该抓住这个机遇,设计有助于减缓气候变化的经济复苏计划。在考虑建设可持续非城市交通过程中的经济、环境和社会利害时,必须关注公平问题。减少交通排放不能以让不甚宽裕的人落后为代价。例如,为购买电动汽车提供的退税以及其他类似的激励措施,并不是平等地惠及所有消费者,因为即便有退款,不那么富裕的人群仍然负担不起电动汽车。同样地,碳税的累退性对低收入群体的打击比对其他收入群体的打击更大。交通政策应设法避免这种不平等的影响。

## 4.1 非城市客运脱碳:现状

非城市客运是交通脱碳过程中最具挑战性的领域。非城市客运常常出行距离较远,乘客较少,因此很难适用其他领域的许多脱碳方案。尤其是航空,目前还没有经济可行的替代能源选项。很多轨道运输虽然不会产生尾气排放,但需要昂贵的基础设施,只有在载客率较高的情况下,投资才具有合理性。充电点的普及度以及电池可支撑的有限行程阻碍了电动汽车在长途出行方面更广泛的应用。使用氢等替代燃料的车辆也面临着类似的挑战。但是,雄心勃勃的新措施、基础设施建设以及技术创新可以帮助这个领域脱碳。

为了满足不断增长的出行需求,以往都是通过新建基础设施来扩大交通容量。这种方法加剧了拥堵,损害了空气质量,增加了 CO<sub>2</sub> 排放。还有一种更好的可持续的方式,可以满足不断增长的出行需求,即“避免-转向-改进”,旨在减少拥堵、排放和能源消耗,提高空气质量,同时为出行者提供更大的可及性。

避免政策的目的在于降低出行需求或缩短行程距离。在城市中,可以通过综合土地使用和交通规划实现这一目标,而非城市出行通常不具备这样的机遇。但是,新冠肺炎疫情证明,许多商务出行可以完全避免并由电话会议所取代。同样地,疫情也增加了本地旅游,减少了度假者的出行距离。新冠肺炎疫情引起的这些出行模式中的短暂变化,如果得到旅游业以及商业的支持,可以成为永久性的变化。

转向政策寻求转向更加清洁的替代选项,从而改进行程的碳足迹,例如,选择轨道出行而非航空出



行。在非城市交通领域,要避免与转向政策可以双管齐下,因为如果减少了行程距离,就有更大的可能转向更加清洁的交通模式。

改进政策旨在通过技术升级提高能源效率并加强环境表现。在航空领域,这包括更加清洁的飞机技术以及可持续的航空燃料。在路面交通领域,发动机以及传统动力系统的进步和可以减轻车辆质量的技术,有助于提升车辆的燃油效率。

航空业已经接受减排需求。国际民用航空组织(ICAO)已经采用了新的飞机 CO<sub>2</sub> 排放标准(ICAO, 2017<sup>[1]</sup>)。ICAO 还在实施国际航空碳抵消和减排机制,即 CORSIA(ICAO, 2016<sup>[2]</sup>)。在 CORSIA 下,飞机运营商将根据 2019/2020 年 CO<sub>2</sub> 排放的平均水平,一起抵消超过分界线的 CO<sub>2</sub> 排放。CORSIA 在经过 2021—2023 年的试验阶段以及 2024—2026 年的自愿阶段之后,将在 2026 年成为强制性要求。有少数可以例外,如最不发达国家。在新冠肺炎疫情导致需求大幅下跌之后,CORSIA 已经进行了修订,除非需求迅速从疫情中恢复,否则将只使用 2019 年的 CO<sub>2</sub> 排放量作为基准。CORSIA 的作用在最初几年可能仍然有限。

燃料效率更高的新型飞机投入使用所带来的巨大环境效益已经不足以抵消航空出行的快速增长带来的不利影响。根据 ICAO 的数据,在 2020 年疫情导致需求陷入停滞之前,2010—2019 年间航空客运的复合年增长率大约在 6.5% 左右(国内 6%,国际 6.8%)(2020<sup>[3]</sup>)。到 2050 年之前航空将成为城际出行的主要模式,相较于 2015 年,增长幅度将达到将近 210%。

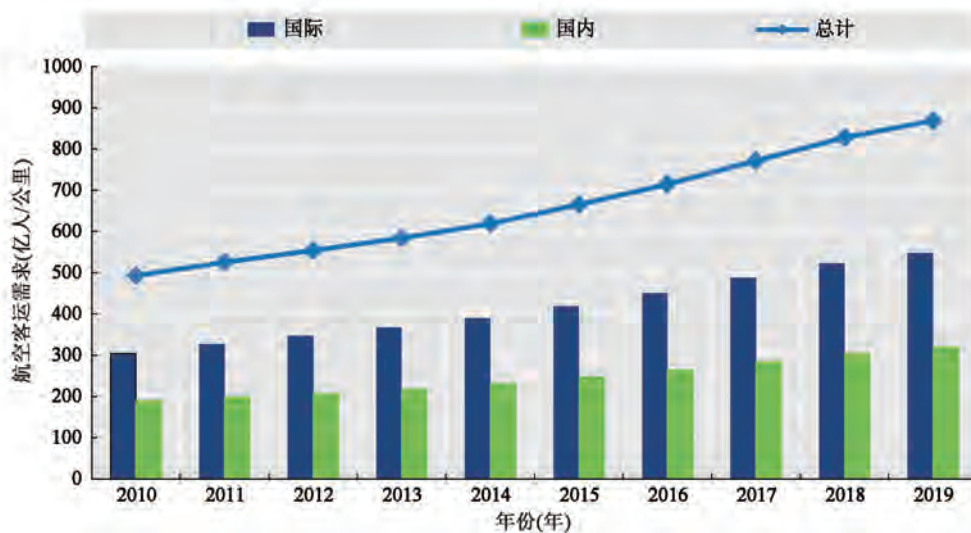


图 4-1 2010—2019 年间世界航空客运的发展

资料来源:ICAO(2020<sup>[3]</sup>),理事会 2019 年度报告,

[https://www.icao.int/annual-report-2019/Documents/ARC\\_2019\\_Air%20Transport%20Statistics.pdf](https://www.icao.int/annual-report-2019/Documents/ARC_2019_Air%20Transport%20Statistics.pdf).

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934238812>。

无论是航空带来的裨益还是产生的后果,分配都不公平。全球 1% 的人口产生了 50% 的商用航空 CO<sub>2</sub> 排放(Gössling 和 Humpe, 2020<sup>[4]</sup>)。大部分航空排放都来自那一小部分人口,但排放产生的负面影响却是由所有人承担。研究还表明,全球将近 50% 的航空出行发生在北美和欧洲,随后是亚洲太平洋地区(32%)。其他地区加起来只占航空出行的 19%,但其实这些地区占全球人口的比例很大。新冠肺炎疫情导致的航空排放下降对政策制定者来说是一个机遇,可以通过将更多的环境成本转向飞行常客,让航空变得更加公平。

轨道通常被认为是最清洁的非城市交通模式,但还需继续提升电气化水平。轨道交通建设一直以来都是很多国家的优先工作,但这项任务还远未完成(UIC, 2019<sup>[5]</sup>)。欧洲已经取得了重大进步,是全球城际轨道出行活动最多的地区。在世界其他地区,还有许多工作仍待完成。另外,还需注意轨道出行整个生命周期的排放,包括与轨道基础设施相关的排放(IEA, 2019<sup>[6]</sup>)。

路面车辆拥有最大的脱碳潜力,但面临着重大障碍。汽车和摩托车一直是过去 10 年间技术革命的主题,希望利用混合动力发动机和纯电力发动机取代内燃机(IEA,2020<sup>[7]</sup>)。由于清洁车辆的销售比例较低,所以路面车辆脱碳的进展仍然比较缓慢。电动车辆在非城市交通中主要面临 2 个挑战:行驶里程和充电基础设施。电动汽车的行驶里程仍然比传统车辆少很多,而且在城市以外的区域快速充电基础设施也很少。目前正沿着主要的城际走廊铺设充电基础设施。但除非其他道路也安装这些基础设施,否则电动汽车在非城市交通中的可用性依然有限。所以,这些基础设施的战略部署对于电动汽车的快速普及非常重要(Wang 等,2019<sup>[8]</sup>;Xie 等,2018<sup>[9]</sup>)。公交车辆电气化也面临着同样的限制,而且挑战更加严峻。其他可用于公路车辆的清洁燃料,像是氢,有望成功但需要大量的研发投入以及用户更大程度的认可。

地区交通脱碳节奏缓慢。连接农村地区居民的交通服务面临着与城际公路及铁路交通相似的挑战。但农村地区的容量更少,导致基础设施建设成本昂贵且可能性更小。农村地区的车辆往往比城市地区的车辆更老旧,因此燃料效率也更低。

#### 案例框 4.1 航空电气化

商用航空一直以来都依赖碳氢燃料作为能源。碳氢燃料过去一直都是且现在还是能源密度足以支撑飞机起飞的唯一可用的能源。未来几十年,这个情况可能会改变。飞机和发动机设计以及电池容量和密度方面的技术发展将使航空电气化成为可能(Sehra 和 Whitlow,2004<sup>[10]</sup>)。电力在航空中的具体使用情况目前仍不清楚,但混合动力电动飞机以及全电力飞机表现出了最大的潜力。

混合动力电动飞机结合了燃料燃烧和电力辅助。电力可在所有飞行阶段的最佳条件下协助发动机运行。这样的结合,虽然会因为发动机的复杂性和电池的储存导致飞机质量增加,但可以降低总体的燃料消耗。总体而言,短途航班的能耗节省更具关切性,因为短途飞行中燃料密集度较高的飞行阶段(起飞,上升和降落)在总行程中占的比例比较大。最近的研究发现,在地区短途飞行中,混合动力电动飞机的燃料消耗(以及因此产生的排放)可以节省 28%(Zamboni,2018<sup>[11]</sup>;Voskuijl, van Bogaert 和 Rao,2018<sup>[12]</sup>)。

全电力飞机的飞行完全依靠电池中储存的电力。全电力飞机需要能源密度高且质量小的电池,这样的电池能保障合理的里程并适应飞机尺寸。商业航空的飞行里程在 750 ~ 1100 公里,载客量一般达到 150 名乘客,因此用到的全电力飞机需要的电池密度应该是目前锂离子电池的 3 倍以上(Schäfer 等,2019<sup>[13]</sup>)。尽管挑战重重,但仍然有许多企业一直在研发各种尺寸的全电力飞机。

ITF 非城市客运模型对电力航空的技术发展和特点作了一定的假设。混合动力电动飞机可以减少 28% 的 CO<sub>2</sub> 排放,从 2030 年开始投入使用,适用于距离在 1000 公里以下的航程。全电力飞机也是从 2030 年开始投入使用,但是航程仅限于 330 公里。这两种飞机的飞行里程都会随着时间而增加。电动航空的成本(全电力飞机以及混合动力飞机的电力部件)与传统燃料成本挂钩。在 2030 年,它比传统燃料成本高 2.5 倍。在整个研究期间,直到取得预期的技术发展,这个成本将逐渐减少,但不会低于传统燃料的 1.2 倍(最终的价格取决于不同的情景)。

更多关于混合动力电动及全电力飞机的信息,以及航空运输脱碳的其它技术发展,可参考 ITF 的报告《航空脱碳:面向未来的行动》(即将出版<sup>[14]</sup>)。

## 4.2 应对新冠肺炎疫情:后疫情时代非城市出行的机遇和挑战

新冠肺炎疫情扰乱了所有地区的交通出行,尤其是非城市客运。边界关闭、居家命令以及对所有国

际入境人员的检疫要求,对市民的出行造成了前所未有的困扰。ITF 非城市客运模型也根据这些情况作了相应的调整,来计算 2020 年地区及城际出行的需求以及相关的排放。在可能的条件下,用经验数据对结果进行了验证。相较于疫情前对 2020 年非城市客运需求所做的预测,模拟结果显示出行活动大幅减少,降幅达到 40% 左右(以人公里数计)。据估计,所有交通模式的降幅都至少达到 30%,但一些交通模式的降幅比其他模式更明显。

航空出行的下降尤其显著。2020 年航空出行的客流量下降了 60%,这是观察到的最大的同比降幅(ICA0,2021<sup>[15]</sup>)。国际航空出行下降了 75%。国内航空出行受到的影响相对较小,但乘客数量仍然减少了 50%。边境关闭和对国际入境人员的检疫要求是导致下降的主要因素,但恐惧和不确定性也使许多人放弃了出行(UNWTO,2020<sup>[16]</sup>)。缺乏通用的指导方针也减少了人们乘坐飞机的意愿。

航空业尤其容易受到疫情的地区峰谷变化的影响。就其本质上而言,国际航空非常容易因为疫情在不同时间在不同地区暴发而受到影响,而且各个国家不同的应对措施也会在国际航空产生影响。因此,2020 年 4 月航空出行需求几乎陷入了停滞,与 2019 年 4 月相比,下降了 94%(IATA,2020<sup>[17]</sup>)。在随后的几个月中,一些出行限制以及检疫要求逐渐放宽,所以恢复了一些航空活动,主要是国内的航线。一些国家通过气泡协议建立了临时的国际出行走廊。气泡协议是指两个或两个以上国家之间商定的协议,在这个协议下,彼此可以在稍加限制或没有限制的情况下互通国际航班。签订这类协议,是为在常规国际航班因疫情而暂停的情况下,安全地恢复航空客运服务。

轨道出行也因为疫情受到了较大影响。与 ITF 疫情前的预测相比,地面交通活动总体下降了 32%。城市轨道交通和公共汽车要求乘客共享空间,因此在疫情期间尤其不受欢迎。此外,私家车出行可以提供相对的疫情防护,因此下降幅度较小。关于全球私家车出行具体的减少数量,并不存在确切的数据,ITF 估计下降幅度大约为 30%。收费站的过往车辆数目,可以提供一些参考。美国各个收费站在疫情期间记录到通过的车辆减少了 25~50%(SmartBrief,2020<sup>[18]</sup>)。印度国家公路管理局在 2020 年 5 月估计,春季的全国封锁将导致全年的城际公路交通减少 17%(CRISIL,2020<sup>[19]</sup>)。而由于各邦在接下来几个月中制定了各自的规则和限制,实际的下降幅度可能更大。

与 2019 年相比,2020 年城际轨道的载客量明显减少。根据英国铁路和公路办公室的数据,2020 年 4—6 月轨道出行的乘客量为 3500 万人次,仅为 2019 年同期的 6.4%,是 19 世纪中期以来的最低水平(ORR,2020<sup>[20]</sup>)。根据美国华盛顿州的数据,当地的城际轨道出行也出现了相似的趋势。在居家命令发布的那一天,轨道客运服务的用户比 2019 年的同一天减少了 95%(WSDOT,2020<sup>[21]</sup>)。该命令已经于 2020 年 6 月解除,但在 2021 年 1 月 1 日,轨道交通的客流量仍然比一年前的同一天少了 90%。

根据 ITF 的估计,城际公路客运在疫情期间大幅下降,公路客运活动减少了 36%。与航空和轨道部门相比,公路客运部门受到的监管相对较少,而且更加分散,因此很难获得实际的数据。但新的车辆登记数据可以提供一些参考。在西欧,2020 年 4—6 月客车登记量比 2019 年的同期减少了 82%。在个别国家,这个下降幅度为 69%(如法国)~92%(如比利时)(Sustainable Bus,2020<sup>[22]</sup>)。除了公交运营商的需求减少外,工厂关闭可能也产生了一定的影响。

#### 案例框 4.2 低碳发展之路,提升旅游业在新冠肺炎疫情后的韧性

2019 年 12 月,在联合国气候变化框架公约第 25 次缔约方会议召开之际,世界旅游组织(UNWTO)和 ITF 发布了报告《旅游运输相关的 CO<sub>2</sub> 排放》(UNWTO,2019<sup>[23]</sup>),深入分析了 2016—2030 年间全球和不同地区的旅游需求和排放的发展。预计到 2030 年之前,国内及国际和国内旅游人数将分别达到 156 亿人和 18 亿人(2016 年分别为 80 亿和 12 亿人),CO<sub>2</sub> 排放也将随之增加。预计在当前雄心情景下,到 2030 年之前排放将至少增加 25%(CO<sub>2</sub> 排放量从 15.97 亿吨增加到 19.98 亿吨),对

旅游业实现国际气候目标提出了挑战。

一年之后,旅游业正经历着有史以来最严重的危机。由于大范围的出行限制和社会经济挑战,国际游客人数减少了74%,意味着出口收入损失大约达到1.3万亿美元,1.2亿个直接就业机会面临风险。自疫情开始以来,全球逐步实施了各种出行限制。到2020年5月,全球75%的目的地不对国际旅行开放。随后,旅行目的地开始放宽限制,2020年11月处于完全关闭状态的目的地数量达到最少(全球27%的目的地处于关闭状态)。在此之后情势又发生了逆转,到2021年2月,32%的边界再次关闭,因此很难预测旅游业何时能完全恢复营业。新冠肺炎疫情将如何影响旅游交通相关的CO<sub>2</sub>排放,仍有待衡量。尽管如此,但仍有越来越多的旅游业利益相关方都意识到,旅游业未来的韧性将取决于该行业能否采取低碳路径,到2030年之前将排放减少50%,到2050年之前实现气候中和。UNWTO在2020年6月发布的《同一个地球愿景:推动旅游部门在新冠疫情后实现负责任的恢复》强调了定期且透明地监测和报告旅游业产生的CO<sub>2</sub>排放的重要性,也强调了加速旅游业脱碳的必要性,其中提到可以投资开发低碳交通选项并建设更加绿色的基础设施(同一个地球可持续旅游项目,2020<sup>[24]</sup>)。

在中国,最大的国内旅游市场之一,全国各地投资建设高速轨道联通,似乎促进了一些通常游客较少的目的地较早地重新恢复旅游业,如南京和长沙等(麦肯锡公司,2020<sup>[25]</sup>)。苏格兰等旅游目的地,在从新冠肺炎疫情恢复的背景下,已经公布了致力于减少排放和关注市场营销的计划,旨在鼓励旅游业负责任地发展,其中包括提倡公共交通和主动出行(VisitScotland,2020<sup>[26]</sup>)。哥伦比亚政府最近通过了一项国家旅游政策,把测量旅游业CO<sub>2</sub>的排放摆在优先位置,是与《巴黎气候协定》国家自主贡献目标相一致的规划(Mincomercio,2020<sup>[27]</sup>)。

2020年出行减少降低了CO<sub>2</sub>的排放。证据显示,疫情期间排放量的下降只是暂时的。一些初期报告记录了大幅的排放下降。美国交通领域产生的CO<sub>2</sub>排放减少了15%(Rhodium Group,2021<sup>[28]</sup>)。ITF预计非城市客运的CO<sub>2</sub>排放将减少36%。

2020年地区以及城际出行产生的CO<sub>2</sub>排放大幅减少,但这种减少只是暂时的。ITF估计2020年非城市客运产生的CO<sub>2</sub>排放将减少36%。总体来看,由于航空活动的下降幅度尤其明显,所以排放量的减少可能比其他交通领域幅度更大。但是,除非随后采取坚决的政策行动,否则这样的下降对于气候目标而言,几乎是微不足道的。如果政策继续沿着疫情前的轨道(ITF的恢复情景)发布,则非城市客运产生的CO<sub>2</sub>排放总量在2020—2025年间将增加45%。

#### 4.2.1 新冠疫情改变了出行行为

新冠肺炎疫情为我们的出行和工作方式带来了积极的变化。如果有正确的政策支持,这些变化可以进一步减少非城市客运产生的排放。许多企业在疫情期间通过利用信息和通信技术,减少商务出行,保持住了盈利和生产力。同样,随着本地旅游选项越来越受欢迎,国际休闲旅游中出现的变化也有利于大幅减少排放。

一些商务出行可以由电话会议和虚拟会议所取代。这有助于长期减少商务出行,尤其是航空出行——目前CO<sub>2</sub>排放的最大来源。截至2020年7月底,公司预定的航班比一年前减少了97%(Sindreu,2020<sup>[29]</sup>)。商务出行的减少只是暂时的,必须出台政策支持这一变化趋势,才能让它变成永久的。工作中出现的变化(例如,远程办公和电话会议的增加)或者商业模式的变化(例如,全球供应链的多元化或压缩以及数字化业务和电子商务的发展)可以长期帮助遏制排放(OECD,2020<sup>[30]</sup>)。但是,商务出行的减少并不会自动转化为排放的减少。假设保持最低载客率,航空公司继续以相似的频率提供航线服务。这可能会导致航空公司提升经济舱票价,以维持盈利能力。

长途休闲旅游可能转向离家更近的出行。2020年,旅游业出现了暂时恢复,许多人选择国内旅游或者较近的目的地。这种选择是出于安全担忧以及旅行限制,也是因为对本地旅游的提倡和宣传(Forbes,2020<sup>[31]</sup>)。如果出台相应政策进一步巩固这些行为变化,则到2030年之前可以减少15%~22%的长途客运,具体幅度视不同地区而定。

旅游反弹并非不可能,而且有可能出现强势反弹。如果人们再次认为旅行是安全的,他们可能会过度补偿这一年受到的限制。一些地方出现的无目的地航班就是例证(纽约时报,2020<sup>[32]</sup>)。这些航班在全球范围产生的影响是微小的,但表明许多人都期待能够再次旅行。这可能会导致非城市出行活动骤升,从而导致CO<sub>2</sub>排放激增。

疫情降低了公路运输和轨道出行的受欢迎程度。疫情可能促进航空排放持续下降,但对公路和城市轨道交通却并非如此。对物理距离的要求降低了公路运输和城市轨道交通的受欢迎度,有些人选择私家车作为替代。这种短期变化可能变成永久性的。私家车出行的增加可能会削弱非城市客运的脱碳动力。疫情结束后,恢复乘客对公路运输和城市轨道交通的信心对实现脱碳至关重要。

疫情可以加快老旧飞机退役。老旧的飞机不仅运营成本更高,燃料消耗也更高。新冠肺炎疫情的传播导致客运需求下降,一些老旧飞机也永久停飞了。这样的情况不是只发生在新冠肺炎疫情期间。在类似的需求较低的时期,如2008年金融危机和“9.11”恐怖袭击,都有客机提前退休和行业合并的情况(Russell,2020<sup>[33]</sup>)。法国航空最初计划在2022年之前让旗下的空客A380客机退役,但在2020年5月就宣布所有A380客机立即退役。A380将被更小的空客A350和波音787客机取代,它们对环境的影响更小(法国航空荷兰皇家航空集团,2020<sup>[34]</sup>)。这场疫情可能成为催化剂,促使航空公司转而使用更加现代、污染更少的飞机。新冠肺炎疫情后制定的政策应支持技术创新,从而减少航空业的CO<sub>2</sub>排放(ITF,2020<sup>[35]</sup>)。

表4-1总结了新冠肺炎疫情带来的短期和长期影响,这些影响可能成为非城市客运脱碳的挑战或机遇。

非城市客运脱碳在新冠肺炎疫情后可能面临的机遇和挑战

表4-1

影响	脱碳可能面临的机遇	脱碳可能遇到的挑战
短期影响	(1)远程办公增加,减少了商务出行; (2)较老旧以及燃料效率较低的飞机提前退休,促使燃料效率提升; (3)航空出行减少; (4)出于健康担忧,本地化休闲旅行增加	出于健康担忧,私家车使用度上升,导致更加清洁的共享交通模式使用度减少(公路运输,城市轨道交通)
长期/结构性变化	(1)商务模式转变,减少了商务出行; (2)出于健康担忧,本地化休闲旅行增加; (3)受到政策信号和刺激计划的投资的鼓励,转向清洁技术的节奏加快	(1)由于喜好变化,私家车的的使用度增加,而公路运输和轨道交通模式的使用度下降; (2)由于私营和公共部门缺少投资,延迟了所有清洁技术的推广(如,车队的更新、新基础设施的部署); (3)有些刺激计划支持恢复现状

注:短期影响主要是基于疫情期间观察到的出行行为的变化,可能会伤害或阻碍脱碳努力。大多数长期或结构性机遇还需依靠设计良好的复苏政策才能发挥作用,而长期挑战则会增加未来脱碳受到的限制。

#### 4.2.2 新冠肺炎疫情对非城市客运脱碳的影响

疫情提升了飞机燃油效率,增加了直飞航线。航空旅行正在恢复,覆盖需求所需的飞机数量比以前要少。较老、燃油效率较低的飞机依然停飞。即使需求达到疫情前的水平,航空公司的飞机也将由目前在建的更新、燃油效率更高的飞机所组成。在役飞机数量的减少可以缓解拥挤。航班可以尽量减少绕道,更多地选择直飞路线。随着交通量恢复到疫情前的水平,直飞航线的增加可能不会长久持续。

新冠肺炎疫情后的经济复苏可以促进向更清洁交通的过渡。如果碳定价仍然很低,那么政府设计

的刺激计划在环保方面的效用可能会减弱。政府可以将经济复苏视为机遇,鼓励投资交通基础设施的低碳替代。碳定价有助于实现这一目标。此外,碳定价还可以创造收入、平衡公共财政。交通与环境提倡组织研发的航空征税工具可用于计算一个或多个国家对航空燃料征税时可能获得的收入及可以避免的排放。计算结果显示,从2021年开始,如果欧盟和英国以每升煤油0.33欧元的税率征税,那么在2021—2030年间可以减少9930万吨CO<sub>2</sub>排放,并在2021年增加72亿欧元的收入(Bannon,2020<sup>[36]</sup>)。

复苏计划和救助计划必须将航空公司与环境目标捆绑在一起。新冠肺炎疫情为政府提供了机遇,可以将气候条件附加到向航空公司提供的救助计划中。一些政府已经采取了这样的做法。法国对法国航空荷兰皇家航空集团的救助计划要求航空公司减少40%的国内航班,尤其是一些短途航线,因为有火车线路可以替代这些短途航线,且火车用时不超过2个半小时(Cirium,2020<sup>[37]</sup>)。法国整个航空领域的援助计划已经预留了15亿欧元用于清洁飞机的研发;计划到2035年之前研发出一款碳中和飞机((Morgan,2020<sup>[38]</sup>)。同样,在奥地利,救助计划要求汉莎航空公司设定最低票价,并在较短的航线上增加额外费用,通过这些措施减少可避免的航班(Schwarz – Goerlich,2020<sup>[39]</sup>)。其他政府也可以设计类似的航空救助计划,将危机转化为减少气候变化威胁的机遇。

加强安全、卫生和灵活性是鼓励乘客重新选择公路运输和城市轨道交通出行的关键。随着需求在疫情后恢复,各国政府需要优先采取措施,确保乘客有信心选择更可持续的共享长途出行模式。安全规章和消毒程序可以提升消费者在与其他乘客共享空间时的安全感。另外,引入数字服务,分析出行数据,并确定一天中出行需求较低的时间,可以帮助个人更加安全地乘坐公共交通工具。此外,动态定价以及与运营商展开合作可能也会有所帮助。灵活的预订方式也可以增加公路运输和城市轨道交通相对于私家车的吸引力。

私家车脱碳是非城市客运脱碳的关键。私家车在非城市出行中占了很大比例。由于电动汽车的续航里程较低,且充电站可用性有限,所以电动汽车在非城市出行中的使用度一直较低。要解决这一问题,在经济复苏计划中可以设定相应的政策和投资,为脱碳和经济复苏同时提供支持。德国、西班牙、奥地利、意大利和法国的复苏计划都包含了为电动汽车消费者提供的特殊优惠(德国联邦经济与出口管制局,2020<sup>[40]</sup>;法国公共服务网,2020<sup>[41]</sup>)。这类激励措施的影响已经显现。2020年,西欧电池式电动汽车和插电式混合动力汽车的销量翻了一倍以上,而汽油和柴油汽车的销量则大幅下降了(纽约时报,2021<sup>[42]</sup>)。

以交通脱碳为优先项的经济刺激计划有助于加快疫情后经济复苏的节奏。对制造业的激励加上对消费者的税收优惠可以加快电车汽车需求的增长。从短期来看,维持对清洁出行的政策要求可以帮助减少现有电动交通投资的风险。持续的费用豁免也可以为仍在观望的利益相关方提供好处。从长期来看,电动出行,与其它提高能源效率的措施一样,可以通过减少出行成本和推动创新来提高经济生产率(ITF,2020<sup>[43]</sup>)。

### 4.3 未来非城市客运的3种情景:恢复情景、重塑情景,再塑情景

本节主要探讨地区和城际出行到2050年之前可能面临的不同发展路径。本节一共讨论了3种不同的情景:恢复情景,重塑情景和再塑情景。这些情景代表了政策制定者在减少CO<sub>2</sub>排放和实现地区及城际交通脱碳方面不断递增的雄心。这些情景内定义的政策都是基于ITF的研究,2020年初以政策情景调研的形式分发给世界所有地区的政策专家的专家意见,以及2020年为ITF脱碳倡议的项目举行的ITF研讨会。表4-2详细阐明了每个情景假设采取的措施。3个情景都包含相同的经济基准设定,以反应新冠肺炎疫情产生的影响:对GDP和贸易的预测比疫情前的预测水平延后了5年。

3种情景都以ITF非城市客运模型为基础,模拟了从2015基准年到2050年城际和地区交通的交通活动的发展、模式占比以及CO<sub>2</sub>排放。案例框4.3详细描述了ITF非城市客运模型以及与之前版本的差异。

### 案例框 4.3 ITF 非城市客运模型 2021

国际运输论坛(ITF)非城市客运模型可以估算全世界非城市客运的需求。该模型将世界划分为大约 1200 个区域,将一个城市的某个或所有机场作为它们的中心。每个区域产生两种交通活动,即地区和城际,也产生相应的外部影响。地区交通活动指的是某个区域内城市(如果有)以外的范围内发生的活动。城际交通活动指的是往返不同区域之间的活动。该模型可以估算出每个地区以及地区间每条路线的乘客数量、人公里数、模式组合、能源消耗以及不同交通模式的 CO<sub>2</sub>排放。分析的交通模式包括航空、轨道、公路(汽车和摩托车)、公交和渡轮<sup>1</sup>。当前版本的模型还估算了 17 种政策措施、技术发展以及趋势的影响。全球 19 个地区市场中每一个都有各自的设定。

该模型由 ITF 开发,并于 2019 年首次提出。该模型是 ITF 国际航空客运模型的延续。模型经过了不断的更新和改进。下表 4-3 详述了当前版本的新特性。

该模型还根据新冠肺炎疫情导致的 2020 年需求下降进行了调整。以航空部门观察到的数据为基准,校准不同模式和地区的需求下降幅度。需求的发展遵循 IATA 和 ICAO 预测的航空部门在疫情后的复苏路径。该模型还将一些与新冠肺炎疫情相关的后续影响也设定为发展趋势。

非城市客运的情景设定

表 4-2

措施/外部因素	描述	恢复情景	重塑情景	再塑情景
经济工具				
机票税(航空出行)	对飞机票价的征税百分比	各地区的机票税各不相同;2050 年税率在 3% ~ 15%	各地区的机票税各不相同;2050 年税率在 8% ~ 30% 之间	
碳定价	对尾气 CO <sub>2</sub> 排放收费	各地区碳定价各不相同;2050 年每吨 CO <sub>2</sub> 达到 150 ~ 250 美元	各地区的碳定价各不相同;2050 年每吨 CO <sub>2</sub> 达到 300 ~ 500 美元	
强化基础设施				
超高速轨道的发展	引入新的超高速轨道路线,例如磁悬浮	没有建设新的超高速轨道	在经济可行的情况下,建设磁悬浮路线	
轨道基础设施的改善	对现有轨道基础设施的投资提升了服务频次和速度	频次提升 50% (各地区的改进年份各不相同)	各地区提升频次(50%)和速度(20%)	各地区较早地实现了频次(50%)和速度(20%)的提升
监管工具				
合成燃料(航空)	由于技术进步,合成航空燃料的成本相对于传统燃料出现了下降	合成燃料成本比传统燃料贵 3.3 倍	合成燃料的成本比传统燃料贵 3 倍	
航空业对可持续航空燃料(SAF)的强制要求	SAF 应该继续在燃料消耗总量中占一定的最低比例	2050 年各地区最低 SAF 百分比在 5% ~ 10% 之间	2050 年各地区最低 SAF 百分比在 10% ~ 25% 之间	2050 年各地区最低 SAF 百分比在 15% ~ 30% 之间
运营工具				
优化飞机路线	航线更加接近大圆航线	2030 年绕航减少 50%	2020 年绕航减少 50%	

续上表

措施/外部因素	描述	恢复情景	重塑情景	再塑情景
模拟的创新和发展				
电动车辆/ 替代燃料 车辆的普及率	由于对替代燃料车辆的购买和使用提供的财政刺激以及对充电基础设施的投资,电动车辆和非城市公路交通中的普及率上升	遵循 IEA 的 STEPS 情景	遵循 IEA 的 SDS 情景	普及率高于 IEA 的 SDS 情景
混合电力飞机	新型混合电力飞机的研发	混合电力飞机从 2030 年开始投入使用。 提供 5% ~ 7.5% 的总能源需求,在 2050 年达到 20% ~ 30%,具体幅度视各地区而定	混合电力飞机从 2030 年开始投入使用。 提供 7.5% ~ 10% 的总能源需求,在 2050 年达到 30% ~ 40%,具体幅度视各地区而定	
拼车/共享出行	非城市公路交通的客流量增加(汽车和公车)	共享出行在汽车出行总量中的占比达到 6.7%	各地区共享出行在汽车出行总量中的占比各不相同,范围在 13.3% ~ 20.0% 之间	
出行即服务 (MaaS) 和多模式出行服务	提高了不同交通模式之间的整合程度。整合票务,增加多模式终点站/车站	不同交通模式之间的转换的难度是同一模式之间的 2 倍	不同交通模式之间的转换不再比同一模式之间更麻烦	
全电力飞机的里程和成本的改善	全电力飞机的研发	全电力飞机的飞行里程在 2050 年之前增加到 1000 公里 全电力航空的成本是传统飞机的 1.5 倍	全电力飞机的飞行里程在 2050 年之前增加到 1500 公里 全电力航空的成本是传统飞机的 1.2 倍	
外部因素				
自动驾驶车辆	引进具有 5 级自动驾驶能力的车辆 自动驾驶汽车的使用比例因地区而异:汽车的使用比例在 0% ~ 2.5%,公交车在 0% ~ 1.25%			
长途休闲旅游减少	由于新冠肺炎疫情的影响,长途休闲旅行的意愿减少	无	无	2020—2030 年,长途出行减少 15% ~ 22% (与没有这个因素影响下的需求量相比)。其影响力直线下降,在 2050 年为 0
电话会议减少了商务出行	受到新冠肺炎疫情的影响,许多商务出行被电话会议所取代	无	无	2020—2030 年,航空出行减少 12.5% (与没有这个因素影响下的需求量相比)。其影响力直线下降,在 2050 年为 2.5%
飞行意愿下降	出于气候担忧,部分人群避免选择飞机出行	2050 年一些地区乘坐飞机的人数减少 10% ~ 15%	2050 年大多数地区乘坐飞机的人数减少 5% ~ 30%	

注:1. 数值范围反映出每个情景下各项政策措施在世界不同地区的不同落实程度。  
 2. 每个情景都考虑了自动驾驶车辆但并不是作为主要因素。所有情景都设定了恒定的 5 级自动驾驶能力车辆的引入程度。  
 《ITF 交通运输展望 2019》对交通扰乱因素的关注更具体,其中包括自动驾驶车辆,并评估了相关的情景。  
 3. 表中阴影表示该政策在再塑情境下的落实力度更强。



非城市客运模型的更新总结

表 4-3

项目	2019 年版本	2021 年版本
多模式出行的完全整合	多模式出行只是航空出行的一种选项,在行程的首站或尾站结合使用地面交通模式	不管交通模式如何组合,多模式出行是所有出行的一种选项
客运渡轮	—	城际交通模式中添加了客运渡轮
碳定价政策	碳定价政策仅应用于航空	碳定价政策应用于所有交通模式
新型飞机技术的应用	全电力飞机在 2040 年之后成为传统飞机的替代选项	混合电力飞机在 2030 年之后成为传统飞机的替代选项全电力飞机在 2040 年之后成为替代
已经更新的轨道基础设施计划	在成本效益分析显示可盈利的情况下,建设轨道基础设施	模型中包括全欧交通网络基础设施建设

注:航空和轮渡模式仅可用于城际交通活动。

### 4.3.1 非城市客运的恢复情景

在恢复情景下,未来 10 年非城市客运的政策、投资优先项和技术发展继续延续疫情前的轨道。各国政府优先发展并强化早先固有的经济活动以促进经济复苏。恢复情景下政策措施的主要目标就是回归到疫情前的“常态”。恢复情景是《ITF 交通运输展望 2019》中当前雄心情景的升级版。

非城市公路车辆的技术进步节奏平缓。总体而言,地区和城际出行的车辆以及燃料效率标准遵循 IEA 的既定政策情景(STEPS)的设定(IEA, 2020<sup>[44]</sup>)。混合动力电动汽车和燃料电池电动汽车在城市之外的普及度提升,但使用度仍然有限。车辆占比增加了,但是对非城市出行而言,并没有产生重要的影响。

目前在建或已规划的传统高速轨道项目已经完成。各国政府还投资改善服务,增加服务频次,为乘客提供更好的选项。

航空部门的脱碳事业不会很快取得突破性进展。飞机燃料效率的提高遵循过去的趋势,但较老旧、污染更严重的飞机的退役强化了这一趋势。全电力飞机或合成航空燃料的广泛使用等技术变革直到 21 世纪中叶才会出现。电力辅助的喷气式混合动力飞机将于 2030 年之前开始投入使用,且到 2050 年之前,在航空业(主要是国内)中占据的份额虽然很小,但很重要。在一些地区,人们出于对环境的担忧,选择飞机的意愿略有下降。

碳定价逐渐应用于所有交通模式,到 2050 年之前每吨 CO<sub>2</sub> 的定价达到 150 ~ 250 美元。航空业引入了适度的机票税,并强制使用可持续航空燃料。发达地区对这些机制的利用程度比世界其他地区更高。开放航空出行(“开放天空”)遵循疫情前的趋势,而更好的空域管理可以提高航线路径的效率。

### 4.3.2 非城市客运的重塑情景:出行模式的改变

在重塑情景下,与在恢复情景下一样,新冠肺炎疫情对非城市客运的影响也将在 2030 年之前逐渐消退。重塑情景的不同之处在于,政策制定者设定了雄心勃勃的气候目标并为此实施严格的政策。这些更具雄心的政策并不仅仅是在地区内实施,而是在全球范围内实施。重塑情景是《ITF 交通运输展望 2019》中更高雄心情景的加强版。

政府政策通过增加成本,尤其是航空出行的成本,减少了非城市出行的吸引力。碳价格在 2050 年达到每吨 300 ~ 500 美元。航空出行还设定了高达 30% 的机票税。由于采用了严格的燃料要求标准,所以可持续航空燃料的使用增加了,也导致航空出行成本上升。

非城市地面交通的电气化取得进展。地区和城际出行中低排放车辆的占比越高,该领域的可持续性就越高,也可以最大限度地减少碳定价政策带来的影响。地面车辆的电气化进程以及燃料效率的提升遵循 IEA 可持续发展情景(SDS)的设定(IEA, 2020<sup>[45]</sup>)。

共享出行在非城市出行中越来越受欢迎,在交通总量中的占比越来越高。

城市轨道交通领域的大型公共及私营投资可以改善基础设施、服务和运营速度。新的超高速轨道线路(磁悬浮)进一步刺激了对城际轨道的需求。

航空部门的脱碳速度加快。随着新型飞机的加速采用,飞机燃料效率的提升也加快了速度。政府对研发的支持降低了合成航空燃料和全电力飞机的成本。技术上的进步使得电池容量更高的混合动力电动飞机的应用比恢复情景下更快。乘坐飞机的意愿进一步下降,世界各地的人们都减少了航空出行。到 21 世纪中叶,航空业的碳足迹逐步减少,航空脱碳的重要性也逐渐下降。

### 4.3.3 非城市客运的再塑情景:重塑升级

在再塑情景下,各项政策巩固了疫情期间出现的积极的脱碳趋势,使之成为永久的变化。和在其他两个情景下一样,新冠肺炎疫情对非城市客运产生的消极影响将在 2030 年之前逐渐消退。和在重塑情景下一样,政府设定了雄心勃勃的脱碳目标并为此落实相应的政策。此外,政府还抓住了疫情期间出现的脱碳机遇。通过协调经济刺激与气候和公平目标,政府利用疫情后的经济复苏,推动环境和社会的可持续发展。

在重塑情景下,若干外部趋势影响着非城市交通的发展。例如,由于度假者选择较近的目的地和较短距离的旅行,因此长途旅游减少了。疫情之后,电话会议仍然是常见方式,因此减少了商务出行的需要。这些趋势是疫情产生的积极影响。然而,经过全面的分析后,很难肯定它们是完全积极的,因为它们在很大程度上与国家个人的经济困境相关联。然而,它们确实对非城市客运部门的脱碳具有支持效应。

燃料要求很严格。在许多国家,新冠疫情援助计划的获取资格都与可持续燃料的强制最低占比相绑定,尤其是针对航空业。这种强制要求加速了替代燃料的广泛使用。

各国政府划拨特定的新冠肺炎疫情复苏资金用于投资轨道基础设施,加速了地区和城际出行服务频次和运营速度的提升。这也为国内及国际的长途航空出行提供了更多的替代选项。新冠肺炎疫情刺激计划重点关注公路运输的脱碳。对电动汽车和其他低排放车辆的补贴和其他福利将持续更长的时间。额外的资金有助于充电基础设施在更多地区得到推广,支持电动汽车和其他低排放车辆更快地在非城市出行中普及。到 2050 年之前,再塑情景设定电动汽车和低排放车辆的占比增幅比重塑情景下高出 1% ~ 5%。

## 4.4 非城市客运需求:快速恢复且持续增长

非城市客运需求,以人公里数计,是地区(城市郊区和农村地区)和城际交通活动的总和。2015 年,非城市客运需求量大约为 32 万亿人公里,其中一半多的出行(54%)发生于城市之间,其余的则是地区出行。预计未来 30 年,非城市客运的占比将轻微下降,到 2050 年之前,将从 2015 年占有所有客运活动的 61% 下降到 56%。

按绝对量计算,非城市客运活动到 2050 年之前应该比 2015 年的水平增加 1 倍以上。在恢复情景下,增幅将达到 114%,而在重塑情景下,增幅为 107%。在再塑情景下,得益于在疫情后继续鼓励电话会议和就近休闲旅游等政策,进一步将需求增长减少了 4 个百分点,为 103%。

在所有情景下,地区交通和航空的增长都是最强劲的,尤其是国际航空(图 4-2)。连接城市的路面交通模式的需求保持相对稳定。恢复情景政策主要依靠碳定价,可以在绝对以及相对意义上,减少路面城际交通的需求。在重塑和再塑情景下,车辆技术的进步、电气化以及碳定价政策可以扭转需求增长的趋势。人口增长和经济发展对地区和城际交通都会产生影响,而交通基础设施的可得性以及出行服务的供应和成本,则主要影响城际交通。

在恢复情景的设定下,非城市客运活动量在 2050 年将达到近 70 万亿人公里,其中城际交通和地区交通的占比几乎相等。恢复情景假设政策制定者以及利益相关方采取的措施和政策主要是为了恢复到

疫情前的“常态”。但如果不采取其他行动,这一目标是无法实现的。地区需求增长较快,增幅为150%,城际出行的增长幅度为80%。尽管城市化进程不断继续,但非城市人口仍将在绝对数量上有所增加,并且产生交通活动。但是几乎没有任何政策是针对地区出行的;相反,对于城际出行,则有多种措施可直接或间接地减少需求。

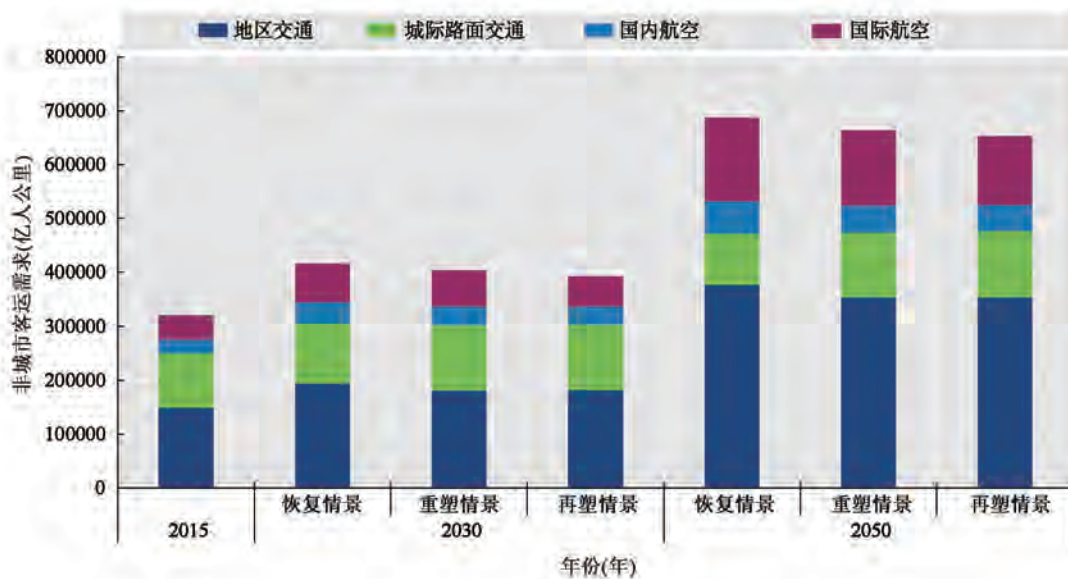


图 4-2 到 2050 年各领域的非城市客运需求

注:本图代表 ITF 模拟的预测。恢复情景,重塑情景和再塑情景是模拟的 3 种情景,代表疫情后交通脱碳政策逐渐递增的雄心。

地区出行指的是发生于城市地区之外(城郊,农村)的日常本地交通活动;城际路面出行指的是通过私人公路车辆(两轮及三轮车,汽车)、公共汽车以及城市轨道交通完成的城市之间的交通活动。

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934238831>

重塑情景下采取的政策可以小幅遏制地区出行的增长。更具雄心的政策可以在 2050 年将地区活动的增幅减少 1 个百分点,地区交通需求的增长比在恢复情景下少 2.5 万亿人公里。而城际出行的需求几乎与在恢复情景下一致。但是,重塑情景下的交通模式组成不同,绿色交通模式的作用更加明显。

再塑政策可减少城际出行的增长。在再塑情景的设定下,城际出行的需求每年增长 1.6%,总增幅达到 74%,比恢复和重塑情景少 7 个百分点。这是因为商务出行和长途休闲旅行明显减少,再加上燃料要求更高,增加了航空出行的成本,进一步抑制了出行需求。另一方面,地区出行需求的增幅与在重塑情景下相似。

#### 4.4.1 航空出行将主导城际出行

在 3 种情景下,航空出行都将成为城际出行的主要交通模式。2015 年,汽车(以及摩托车)产生的人公里数比航空更多,汽车的人公里数占比为 44%,航空为 40%。公交和轨道交通的占比较小,分别为 12% 和 3%。在 3 种情景下,航空部门都能很快从 2020 年疫情带来的损失中恢复过来,到 2030 年之前在城际出行市场上占据主导地位,在恢复、重塑和再塑情景下模式占比分别达到 50%、45% 和 42%。

在恢复情景下,城际出行需求大幅增长,其中主要是航空出行。总体而言,需求的年度增幅设定为 1.7%,到 2050 年总增长达到 81%。航空的人公里数占到城际交通总量的 69%。航空需求在 2050 年增长至 2015 年的 3 倍,达到近 21.6 万亿人公里。恢复情景下实施的政策不足以控制航空出行的增长,尤其是国际航空出行。

从恢复情景中可以看出,碳定价或机票税等定价机制,如果税率太低,对航空出行的增长路径不会产生太大的影响,尤其是在世界经济从疫情后复苏这样的背景下。新型飞机燃料效率的提升可以降低机票价格,抵消强加的额外开支。国际航空是需求增长的主要因素,复合年增长率达到 3.6%,但前提

是疫情没有影响未来的开放天空协议。

地区和城际地面交通转向轨道模式。城际出行中公路交通的重要性下降,2050年模式占比仅为21%。其中私家车占12%,剩余的9%则由公较覆盖。城际轨道因为依靠电力,其模式占比将持续增加,到2050年之前达到9%。轨道交通不受碳定价机制的影响,而公路电动车辆的缓慢普及意味着公路出行会变得越来越昂贵(图4-3)。

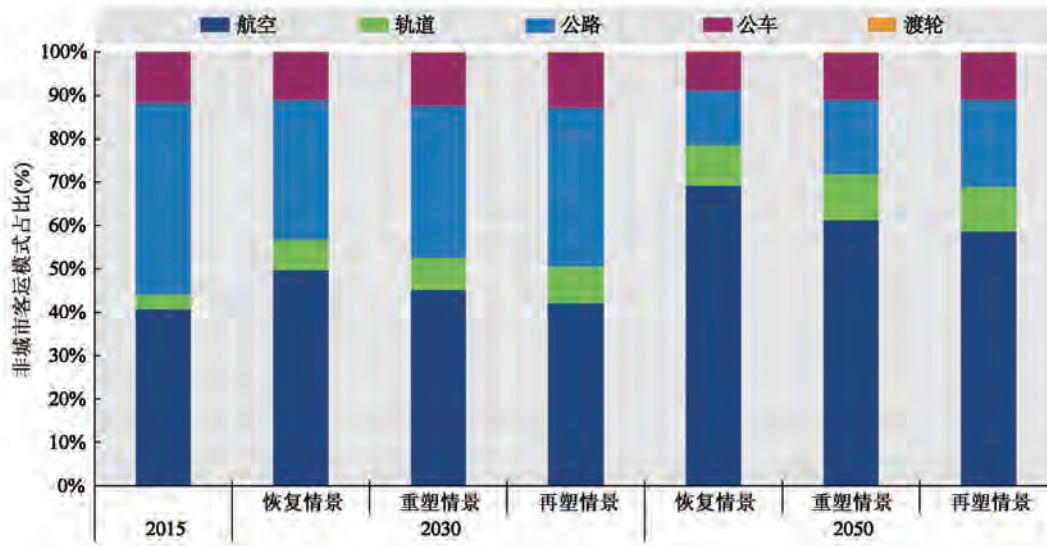


图4-3 到2050年非城市客运的模式占比

注:本图代表ITF模拟的预测。恢复情景,重塑情景和再塑情景是模拟的3种情景,代表疫情后交通脱碳政策不断递增的雄心。

公路车辆包括两轮和三轮车以及汽车。渡轮活动在总需求中的占比不足1%。

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934238850>

正确的政策可以控制住不断增长的航空需求。在重塑情景下,因为落实了更具雄心的政策,尤其是那些增加碳排放成本以及总体飞行成本的政策,航空出行到2050年之前的增长将比恢复情景下少36个百分点。但即便如此,航空出行的增幅依然很明显,达到172%。国内航空的削减幅度比较明显,在重塑情景下,复合年增长率为2%,而在恢复情景下则为2.5%。国际航空的增长也比较缓慢,但在两种情景下的差异比较小,重塑情景下的增长率为3.3%,恢复情景下为3.6%。总体而言,重塑情景下城际出行需求在2050年将比基准年高出81%,比恢复情景下少1个百分点。

重塑情景下航空出行损失的增长率将由地面交通模式占领。私人公路交通需求的占比以及绝对人公里数都在持续下降,到2050年之前仅占总人公里数的17%。城际轨道交通大幅增长,与2015年相比,增长了5倍以上。在2050年,轨道交通占有所有城际交通活动的11%。公路运输车辆需求保持稳定,绝对量小幅上升,但模式占比有所下降。发生这些转变都是因为,在重塑情景下,低排放及零排放公路运输车辆普及率上升,轨道基础设施更加完善。随着无碳出行的普及,碳定价机制对地面交通模式的影响越来越小。

再塑情景设定的政策和变化可以进一步削减航空出行的增长。再塑情景下航空出行的增长比重塑情景下还要再低21个百分点,比恢复情景下低57个百分点。尽管取得了相对幅度的控制,但2050年航空出行的需求仍然比2015基准年高出2.5倍,复合年增长率达到2.7%(国内航空增长率为1.9%,国际航空为3%)。因此即便在再塑情景下,航空出行依然占到总人公里数的59%,其余的,私人公路车辆占20%,公路运输车辆占11%,轨道占10%。

在任何情景下,渡轮客运都不是主要的交通模式。渡轮服务只在少数几个岛屿相邻且海面平静的地区才常见。模拟结果中的大多数渡轮活动来自欧洲经济区(包括挪威、瑞典和克罗地亚等岛屿丰富的沿海国家)和土耳其。

在3种情景下,商用电力航空都得到了发展。得益于技术的发展和3种情景下设定的政策,混合动力电动飞机和全电力飞机都开始逐步投入使用(详见案例框4.1)。所有情景下,混合电力飞机都是在2030年进入市场,但市场渗透率不同。全电力飞机则到21世纪中叶才具有商业可行性。由于飞机尺寸和质量的限制,无论是在哪种情景下,电动飞机都较早较广泛地应用于国内航线和短途国际航线。

在恢复情景下,未来10年内将有1/5的航线使用混合电力飞机。到2030年之前,混合电力飞机的航线运营率将达到18%,同时,混合电力飞机的电力推进只覆盖0.6%的航空需求<sup>①</sup>。到2050年之前,3/5的航线的部分运输活动将由混合动力电动飞机完成。但是,在恢复情景下,从今往后的40年里,以人公里数计,电力仍然只覆盖到总需求的8%。全电力飞机直到2045年才问世,到2050年之前,只负责3%的航线,占有航空活动总量的0.8%。

在重塑情景下,由于碳价格更高,能源成本更低,所以航空公司转向混合动力电动飞机的速度更快。到2030年之前,混合动力电动飞机的航线占比比恢复情景下更高一些,但是以人公里数计,占比仍然只有1.7%。电池容量更高,质量更轻,进一步促进了混合动力电动飞机在未来20年的应用。到2050年之前,在重塑情景下,混合电力飞机的电动部件占航空人公里数的14%。混合动力电动飞机应用于85%的中短途航线,占有航班的近2/3。全电力飞机的里程比混合动力电动飞机更有限,应用于7%的航线,占总需求的2.6%。混合动力电动飞机和全电力飞机的发展在重塑和再塑情景之间没有显著差异,因为这两个情景下对电力飞机的政策几乎是一样的。疫情的长期影响减少了航空出行的总体需求。因此,混合动力电动和全电力飞行的绝对数量有所减少,但模式占比变化不大。

地区出行的增长速度比城际出行更快。地区交通服务连通的是农村地区和城市群周边地区(城市郊区),所以私人公路运输车辆、公交以及轨道是唯一可用的交通模式。地区出行是居住在这个区域内的人们的日常流动,所以GDP和人口变化对出行活动的影响很大。在恢复情景下,2015—2050年,地区交通的人公里数增长152%。私人公路运输车辆占人公里数的39%,比基准年低4个百分点。轨道活动显著增加,到2050年绝对数量增长了2倍,占比也从2015年的34%增长到42%。另一方面,公交出行则在减少,占比从23%下跌到19%。

在重塑情景下,私家车在地区出行中的使用进一步减少。在更具雄心的脱碳政策下,私人公路车辆的占比进一步下跌2个百分点,在2050年达到37%。碳价格对轨道交通的影响比较小,因此补充了私家车的空白,模式占比上升到44%。重塑情景下地区需求总量到2050年的增长幅度比在恢复情景下少15个百分点。再塑情景下地区交通的发展与在重塑情景下相似,因为这两个情景设定的趋势和政策变化不会对地区出行产生明显影响。

#### 4.4.2 全球运输将转向亚洲

全球运输活动的重心正在转移。过往大多数非城市交通活动都发生在OECD国家。在过去10年中,这种情况开始发生改变,并且到2050年之前,情况会发生明显逆转。OECD的主要发达国家人口仅占世界总人口的20%,但非城市交通活动占到2015年全球总量的51%。到2050年之前,67%的非城市出行将集中在非OECD国家。在全球各个地区中,2015年亚洲的非城市交通需求最大,其次是美国和加拿大地区,然后是欧洲经济区(EEA)和土耳其地区。另一方面,撒哈拉沙漠以南的非洲地区,转型国家以及OECD太平洋国家是2015年非城市交通活动量最低的地区。转型经济体包括苏联以及非欧盟的东南欧国家。OECD太平洋国家是指日本、韩国、澳大利亚和新西兰。交通活动重心的转移将持续到2050年。在3种情景下,非城市出行增长最强劲的地区都是撒哈拉沙漠以南的非洲地区,中东和北非(MENA)地区以及亚洲。在恢复情景下,亚洲的需求到2050年之前将增长2倍。另外2个情景的设定可以稍稍减少亚洲的增幅,但亚洲仍然是需求最大的地区。

<sup>①</sup> 简化了混合动力电动飞机对航空总需求的影响。混合动力电动飞机完成的总行程分成两部分,一部分是完全依靠传统燃料提供动力,另一部分则是依靠电力。两部分的总和表示总的行程长度。由此计算出混合动力电动飞机的电力部件完成的人公里数。

大多数 OECD 地区的非城市出行需求增长都比较缓慢。美国和加拿大 EEA 和土耳其以及 OECD 太平洋国家的增长率最低。总体而言,无论经济发展情况如何,重塑和再塑情景下,所有地区非城市出行需求的增幅都比恢复情景下要低。美国和加拿大地区是全球唯一的例外。在恢复情景下,美国和加拿大地区的交通活动增幅仅高于 EEA 和土耳其地区,是全球第二低的地区。但在重塑情景下,美国和加拿大是全球唯一交通活动比在恢复情景下更多的地区。这是因为重塑情景下设定该地区计划并宣布了高建铁路(HSR)项目的建设。北美地区因高建铁路投资而增加的非城市交通活动比其它任何地区都要多。

地区和城际出行在 OECD 和非 OECD 国家的发展路径是不同的。地区交通指的是通勤或购物等日常出行活动。相较于新兴国家或发展中国家,在 OECD 等发达经济体的,GDP 增长对这类出行活动的影响比较小。对大多数 OECD 国家而言,这部分交通活动覆盖的人口相对稳定甚至越来越少。因此,地区活动总量比较稳定。OECD 国家中非城市客运需求的增长主要来自城际交通。另一方面,非 OECD 国家不断发展的人口和经济则将推动地区和城际交通活动都出现大幅增长(图 4-4)。

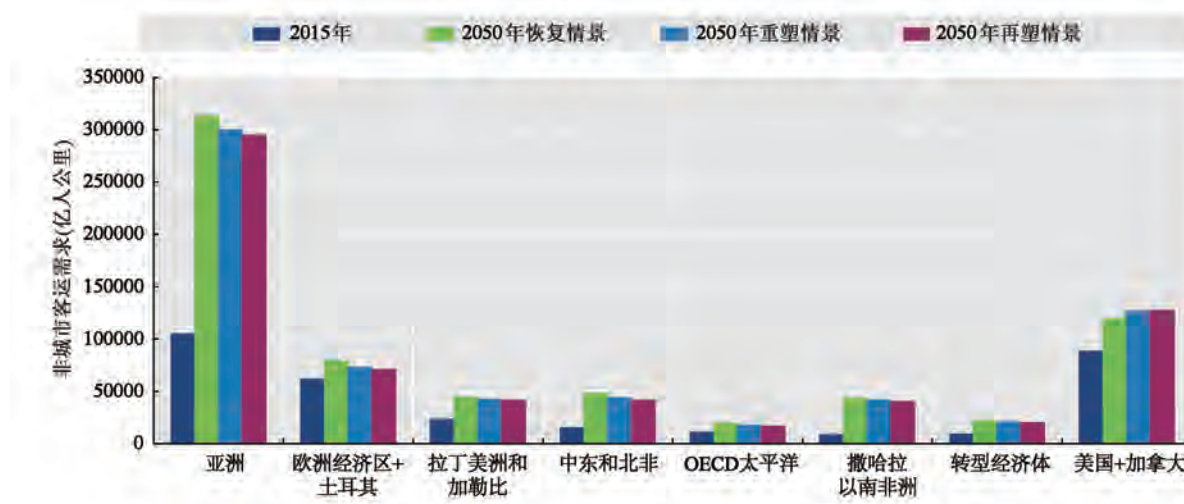


图 4-4 到 2050 年世界各地的非城市客运需求

注:本图代表 ITF 模拟的预测。恢复、重塑和再塑是模拟的 3 种情景,代表疫情后交通脱碳政策逐渐递增的雄心。

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934238869>

到目前为止,人均非城市出行最多的是美国和加拿大。2015 年,这个地区的人均出行是亚洲的 9 倍(图 4-5)。美国和加拿大都是大国,在这两个国家,大多数经济活动都发生在国家的两端,因此产生了大量出行需求。此外,这两个国家的经济与世界其他地区的联系非常紧密,再加上它们所处的地理位置因素,意味着大多数国际运输活动都需要跨越海洋。EEA 和土耳其的人均非城市出行量,虽远远落后于北美地区,但也是全球第二名。大多数其他地区的人均非城市出行需求水平都比较接近。唯一的例外是撒哈拉沙漠以南的非洲地区,这个地区的人均出行距离远远低于其他所有地区。OECD 太平洋国家的情况非常有意思,这个地区的国家都比较繁荣,但在人口分布上,既有人口比较密集的地区,也有分布比较稀疏的地区。因此,在人均非城市活动量上,分别对应了较低和较高的数值,基本相互抵消了。此外,这些国家的经济发展意味着人均出行量应该比较高,但是这个地区内的国家在地理位置上又比较孤立,所以限制了个人的国际出行次数。

以人公里数计,人均非城市出行在所有情景下都在增加。大多数地区的地区和城际交通活动的绝对值增长在恢复情景下最为强劲。唯一的例外就是美国和加拿大地区,这个地区的人均交通活动在再塑情景下增幅最大。相对增长率最大的地区是亚洲。撒哈拉沙漠以南的非洲地区和转型地区的增幅在所有情景下都很明显。以 2015 年的水平为基准,EEA 和土耳其以及美国和加拿大在所有情景下的增长都比其他地区要小。

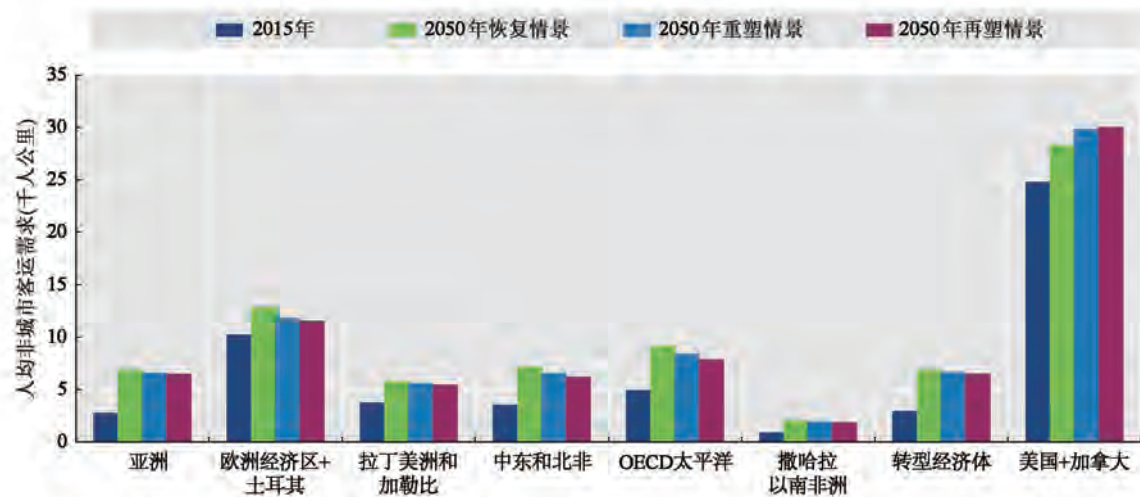


图 4-5 到 2050 年世界各地区的人均非城市客运需求

注：本图代表的是 ITF 模拟的预测。恢复情景、重塑情景和再塑情景是模拟的 3 种情景，代表着疫情后交通脱碳政策逐渐递增的雄心。

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934238888>

## 4.5 非城市客运产生的 CO<sub>2</sub> 排放：排放与需求解耦

非城市客运的发展正处于十字路口。未来可能有 2 种发展路径：第 1 种，排放继续随着 GDP 的增长而增长；第 2 种，切断经济发展与排放之间的关联。受新冠肺炎疫情的影响，非城市交通及相应的排放都出现了下降，但是 ITF 的模拟结果表明，在恢复情景下，非城市客运的排放将再度上升。尽管每公里的效率有了提高，但预计需求的增长将远远超过这些进步。而在重塑和再塑情景下，2050 年的排放量可以大幅低于 2015 年的水平。2015 年非城市客运产生了 24.82 亿吨 CO<sub>2</sub>，这占到燃料燃烧产生的 CO<sub>2</sub> 排放总量的 7.7%，占交通运输排放总量的 34%。其中，70% 来自公路和轨道，地区出行和城际出行各占一半。国内航空以及国际航空产生了 7.25 亿吨 CO<sub>2</sub>（图 4-6）。

如果按照恢复情景的设定，各国政府回归到疫情前的政策，非城市客运产生的排放将增加 25%。地区交通和国际航空是最大的 CO<sub>2</sub> 排放源，到 2050 之前分别占排放总量的 35% 和 41%。由于脱碳政策无法成功遏制排放，因此随着需求的不断增长，排放量也不断增加。国际航空的排放量几乎随需求呈线性增长，达到 13 亿吨 CO<sub>2</sub>，增长了 3 倍。这与航空部门设定的目标相距甚远，航空部门计划在 2050 年将排放削减至 2005 年水平的 50%（ATAG, 2019<sup>[46]</sup>），相当于减少大约 2 亿吨 CO<sub>2</sub>。国内航空从混合动力飞机的发展中受益较大，排放量只增长了 70%。随着航空成为主要的城际出行模式，对路面交通模式的需求将会减少。这种需求的减少，再加上路面车辆燃油效率的提高，可以大幅削减排放量。此外，地区交通的需求将显著增加，从而导致排放增加。恢复情景下模拟的排放结果，并不是缺乏减排政策的产物，而是在当前政策和措施下预期的结果。即便是这样的结果，也需要利益相关方采取进一步行动才能实现。

在重塑情景下，由于技术进步加快，电力在航空中的应用更广泛，非城市出行产生的排放有所减少。到 2050 年之前，非城市客运产生的排放比 2015 年减少 55%。国际航空是唯一一个排放量比 2015 年水平有所增加的领域，增幅达到 14%。中短途航班几乎全部使用混合动力电动飞机或全电力飞机，因此国内航空的排放量减少了 50%。同样地，城际出行和地区出行中的路面交通，由于轨道交通的占比增加以及混合动力汽车和纯电动汽车的使用增多，排放量也相应减少。这两部分在 2050 年产生的 CO<sub>2</sub> 排放一共比 2015 年减少了 73%。

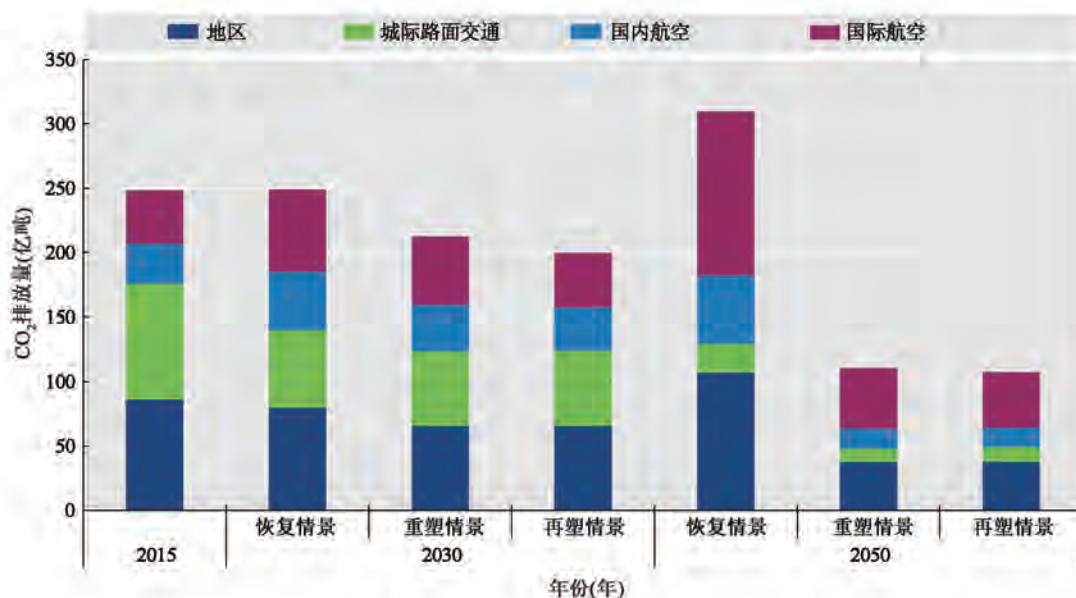


图 4-6 到 2050 年非城市客运各领域产生的 CO<sub>2</sub> 排放量

注:本图代表的是 ITF 模拟的预测。恢复情景、重塑情景和再塑情景是模拟的 3 种情景,代表着疫情后交通脱碳政策逐渐递增的雄心。地区交通指的是发生在城市地区以外(城郊,农村)的日常本地交通活动;城际路面交通指的是私人公路车辆(两轮及三轮车,汽车)、公交以及轨道交通完成的城市地区之间的运输活动。油箱到车轮/航迹排放是使用载具时产生的排放(例如,车辆燃料燃烧产生的排放)。油箱到航迹特指轮船和飞机。

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934238907>

再塑情景进一步加速了排放量的减少。在再塑情景下,2050 年非城市客运产生的 CO<sub>2</sub> 排放总量比 2015 年减少 57%。2050 年,重塑和再塑情景之间几乎只在国际航空方面存在差异,再塑情景下,国际航空的排放接近 2015 年的水平,仅增长 4%。再塑情景下的国内航空排放量也更低,比重塑情景下低 2 个百分点。在这两种情景下,航空 CO<sub>2</sub> 排放量的减少主要得益于商务出行和长途休闲旅游的乘客飞行意愿下降,以及航空燃料要求更加严格。预计城际路面交通的 CO<sub>2</sub> 排放量将比 2015 年减少 87%。

#### 4.5.1 从油井到油桶转变的排放变得更重要

随着燃料和电力生产的能源密度加强,上游排放对交通脱碳的影响越来越重要。2015 年油井到油箱 CO<sub>2</sub> 排放量达到 9.2 亿吨,当时大多数非城市客运都依赖碳氢燃料。这些排放主要包括两部分:液体燃料运输至消耗点产生的排放和电力生产产生的排放。这两部分因国家、年份及情景不同而不同。

油井到油箱排在运输排放总量中的占比越来越大。2015 年油井到油箱排放占非城市客运排放总量的 27%。在恢复情景下,这个占比在未来 30 年都基本保持稳定。但在更具雄心的政策下,比如在重塑和再塑情景下,油井到油箱排放的占比将达到近 50%。随着运输排放的性质发生转移,且更多地受到上游因素的影响,交通和能源部门之间的紧密合作对于有效减缓气候变化变得越来越重要。

上游排放的来源从燃料的生产和运输转向电力的生产和运输。2015 年油井到油箱排放几乎全部来自燃料的生产以及运输至最终消耗点。路面交通和航空都是如此,2015 年油井到油箱排放的最大来源是路面交通。地区和城际路面交通活动一共占到非城市交通上游排放总量的 80%。在恢复情景下,未来大部分油井到油箱排放主要来自电力的生产和运输,在重塑和再塑情景下更是如此(图 4-7)。



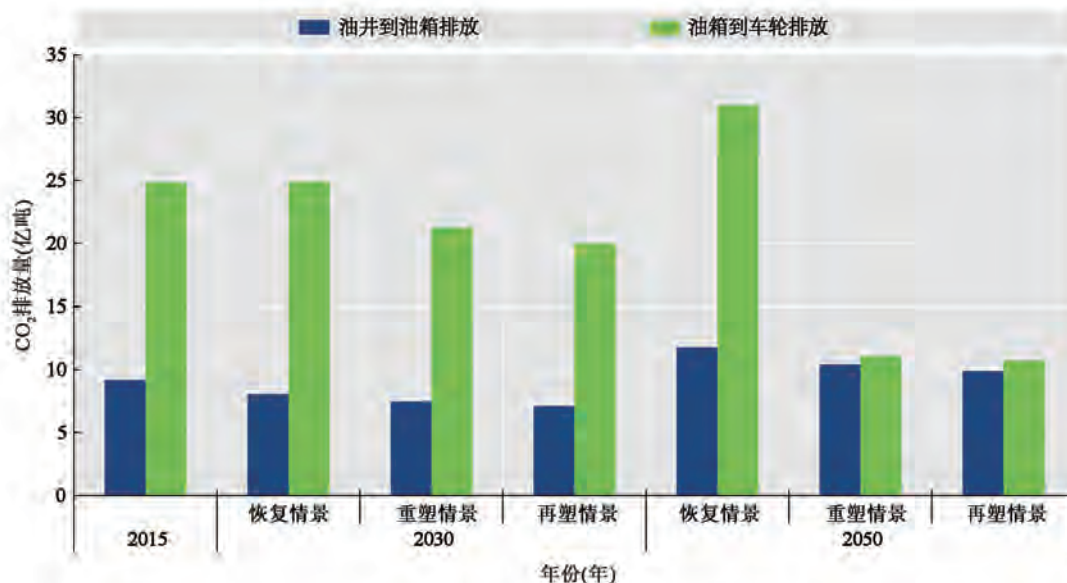


图 4-7 到 2050 年非城市客运产生的油箱到车轮 CO<sub>2</sub> 排放量对比油井到油箱 CO<sub>2</sub> 排放量

注:本图代表的是 ITF 模拟的预测。恢复情景、重塑情景和再塑情景是模拟的 3 种情景,代表着疫情后交通脱碳政策逐渐递增的雄心。油箱到车轮/航迹排放是使用载具时产生的排放(例如,车辆燃料燃烧产生的排放)。油井到油箱排放是能源生产过程中产生的排放。因此,电动车辆(EVs)的油井到油箱排放包括电力生产产生的排放,而 EVs 的油箱到车轮排放则为 0。油箱到航迹特指轮船和飞机。

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934238926>

### 4.5.2 OECD 国家脱碳潜力更大

2015 年非城市客运 CO<sub>2</sub> 排放的最大占比来自 OECD 国家。这也意味着这些国家拥有最大的脱碳潜力。美国和加拿大以及 EEA 和土耳其这两个地区产生的油井到油箱 CO<sub>2</sub> 排放量几乎占到总量的 55%。亚洲尽管人口最多,但产生的油井到油箱 CO<sub>2</sub> 排放量仅占总量的 22%。

在不同的地区,非城市出行排放中占比最高的交通模式各不相同。OECD 太平洋地区,主要都是岛屿国家,是唯一一个航空排放占比超过 50% 的地区。在转型国家,航空产生的排放也比其他交通模式要多,但没有达到 50%。这可能是因为该地区规模较小,且轨道交通的使用不断增加。在其他所有地区,公路运输都是主要的 CO<sub>2</sub> 排放源。尤其是美国和加拿大以及撒哈拉沙漠以南的非洲地区,私人公路车辆、公交、轨道以及渡轮服务产生的排放大约占到总量的 80%。

非城市客运排放到 2050 年之前只在恢复情景下呈上升趋势。全球除了美国和加拿大以及 EEA 和土耳其这两个地区,其他地区的排放都在增加。2015 年这两个地区的排放在全球总量中占了很大的比例。这是两个经济最发达的地区,路面车辆的效率提升和电气化进程以及能源部门的脱碳给这两个地区带来的效益最明显。所有其他地区,尤其是亚洲、MENA 以及撒哈拉沙漠以南的非洲地区,2050 年的排放量都将增加。撒哈拉沙漠以南的非洲地区的相对增长率最大,几乎是 2015 年排放量的 4 倍,而亚洲的绝对增长量最大,增加了近 4.75 亿吨。

重塑和再塑情景下,所有地区都将减少非城市出行产生的 CO<sub>2</sub> 排放。在重塑情景下,美国和加拿大以及 EEA 和土耳其是降幅最大的地区。这两个地区的定价机制(碳定价,机票税等)更加严格,因此可以更加有效地将需求转移到可持续交通模式,尤其促进了混合动力电动飞机的应用。排放量下降到 2015 年水平的 25%。撒哈拉沙漠以南的非洲地区是唯一一个非城市出行 CO<sub>2</sub> 排放量增加的地区。就绝对数量而言,美国和加拿大的削减幅度最大,预计将减少 7.2 亿吨 WTW CO<sub>2</sub> 排放。再塑情景下的数字与重塑情景相似,只是所有排放量数值还要稍稍再低一些。(图 4-8)

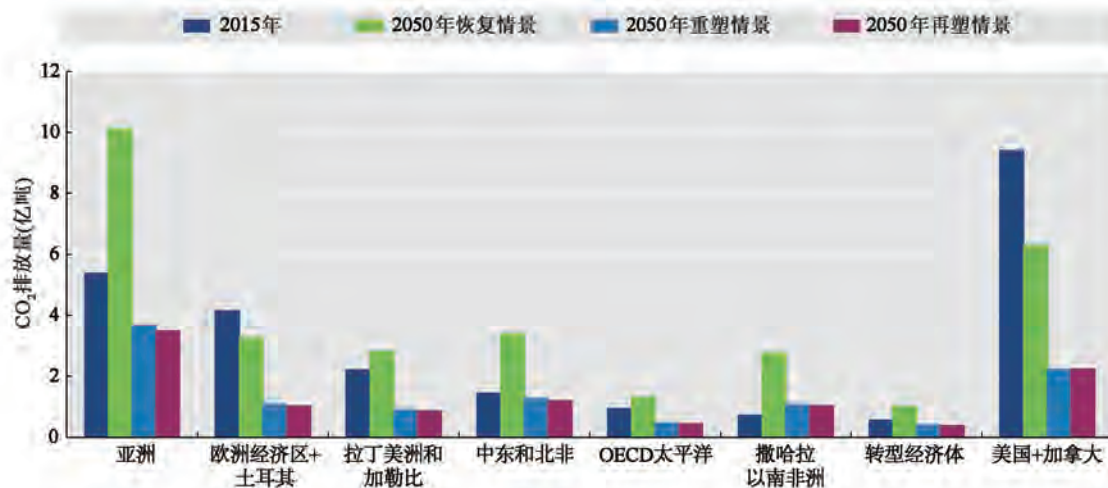


图 4-8 到 2050 年世界各地非城市客运产生的 CO<sub>2</sub> 排放量

注:本图代表的是 ITF 模拟的预测。恢复、重塑和再塑是模拟的 3 种情景,代表着疫情后交通脱碳政策逐渐递增的雄心。

StatLink 2<https://doi.org/10.1787/888934238945>

3 种情景下,出行模式和排放都将发生转变。2050 年,除了亚洲和撒哈拉沙漠以南的非洲地区,所有其他地区的大部分 CO<sub>2</sub> 都来自航空。在恢复情景下,亚洲的排放来自航空和地面交通,两者占比相当。在另外两个情景下,由于技术进步以及更具雄心的政策,排放的主要来源转为航空部门。撒哈拉沙漠以南的非洲地区在重塑和再塑情景下,排放量几乎平均分配于航空部门和地面交通,而在恢复情景下,地面交通几乎占非城市客运排放的 60%。

在较富裕的地区,由于出行的人公里数更多,所以人均 CO<sub>2</sub> 排放量也更高。2015 年美国 and 加拿大居民平均产生的非城市客运油井到车轮 CO<sub>2</sub> 排放量超过 2.5 吨。EEA 和土耳其的人均排放量为 700 千克,而 OECD 太平洋国家的人均排放量为 430 千克。再看数值较低的那一端,撒哈拉沙漠以南的非洲地区的居民平均产生 72 千克 CO<sub>2</sub>,亚洲则是 140 千克。

不同地区之间,相较于人公里数的差异,人均 CO<sub>2</sub> 排放量的差异更明显。例如,2015 年,美国和加拿大的人均出行公里数是亚洲的 9 倍,而在 CO<sub>2</sub> 排放方面,两个地区之间的差异又翻了一番:北美地区的人均 CO<sub>2</sub> 排放量是亚洲的 19 倍。之所以会形成这样的差异,是因为一个地区的非城市出行主要依靠飞机和汽车,而另一地区则主要依靠轨道交通和公共汽车。这当然只是一个比较极端的例子,但大多数地区之间都存在着类似的差距(图 4-9)。

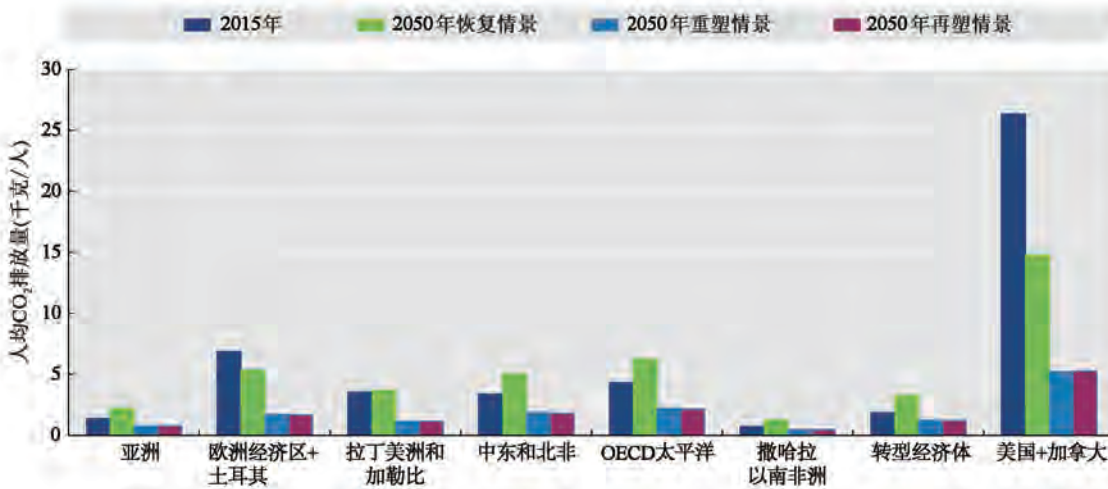


图 4-9 到 2050 年世界各地非城市客运产生的人均 CO<sub>2</sub> 排放

注:本图代表的是 ITF 模拟的预测。恢复、重塑和再塑是模拟的 3 种情景,代表着疫情后交通脱碳政策逐渐递增的雄心。

StatLink 2<https://doi.org/10.1787/888934238964>

恢复情景下,大多数地区的人均排放量都在增长。只有两个地区例外,美国和加拿大以及 EEA 和土耳其,而这两个地区是 2015 年排放量最高的地区。由于现有的和已规划的轨道基础设施投资,这两个地区的人均排放不断减少。此外,较高的收入水平也让人们有能力转向排放较低的私家车。这两个地区交通活动增幅较低,也对减排产生了重要影响。其他地区无法将交通活动与排放脱钩,因此人均排放量不断增加,尤其是在亚洲、转型国家以及撒哈拉沙漠以南的非洲地区。

重塑和再塑政策可以减少全球非城市出行的人均排放量。经济发达的地区下降幅度更加明显。在重塑情景下,得益于地面交通模式的高度连通性,EEA 和土耳其成功将人均 CO<sub>2</sub> 排放量减少至 17 千克,比 OECD 太平洋国家和 MENA(分别为 225 千克和 190 千克)更少。美国和加拿大地区的绝对和相对下降幅度都是最大的,但人均排放量仍然最高,大约为每年 0.5 吨 CO<sub>2</sub>。尽管航空的碳强度远低于 2015 年的水平,但随着公路运输以及能源部门的脱碳,最大份额的排放还是来自航空运输。

## 4.6 公平脱碳:公平地减少非城市客运的排放

交通可以成为促进社会包容和福祉的催化剂。交通政策,包括脱碳政策,会影响可及性以及成本和效益在不同人群之间的分配,进而影响着公平。交通政策可能影响个人的经济和社会状况。因此,必须协调好经济发展、气候变化以及福祉目标。新冠肺炎疫情严重影响了交通,进而影响了就业、服务以及社会网络等基本方面的可及性。疫情期间,相较于依赖其他交通模式的人群,汽车拥有者享有明显的可及性优势。如果出行距离较短,还可以通过步行或自行车完成出行需求,但如果是路途较远的地区和城际出行,低收入家庭在这方面受到了严重的干扰。即便没有疫情,不同交通模式的可负担性也会影响人们的出行模式。低收入家庭负担飞机或高速铁路出行的能力比较低。他们通常依靠的是公路运输车辆服务,以及在某些地区,依靠火车来满足非城市出行的需求。

政策制定者应该保护并提倡效率和可负担性更高的长途出行服务。交通服务供应商仍在承受疫情所带来的经济损失。运营成本增加,而用户数量减少。政策制定者需要解决资金短缺问题。航空部门已经获得了援助,而为低收入出行者提供服务的公交运营商也需要政府提供援助来维持服务。

交通项目往往更有利于出行方便的交通用户。在传统的交通项目成本效益分析中,节省下来的出行时间被认为是主要的用户效益。但是,出行时间的节省往往有利于流动性已经很高的群体,却很少能惠及流动性受限的群体,如非开车族、老年人、低收入家庭或者残障人士(Lucas, Tyler 和 Christodoulou, 2009<sup>[47]</sup>)。

### 4.6.1 交通决策的环境公平性

交通政策决定必须平衡环境和社会目标。可持续的交通规划通常需要在经济、环境和社会公平之间进行权衡。经济发展与环境以及经济发展与社会公平之间的权衡一直以来都吸引了广泛的关注。但对于恰当地平衡环境与公平目标,人们的兴趣则明显低落很多。环境与公平之间的权衡通常被称为环境正义(Mitchell, 2005<sup>[48]</sup>)。交通脱碳政策应该确保公平地实施各项措施。环境正义致力于防止交通决策对健康和环境产生的负面影响不公平地落在少数群体和低收入群体身上(Forkenbrock 和 Schweitzer, 1999<sup>[49]</sup>)。

可持续交通的发展可以惠及所有人。世界各国政府都在推动电动汽车的使用,减少交通排放。尽管有各种激励措施,但在未来的 4~6 年里,电动汽车仍然比对等的内燃机汽车更贵(Soulopoulos, 2019<sup>[50]</sup>)。许多消费者都负担不起这高昂的价格。政策制定者必须确保交通领域的环保进步不会落下任何人。为刺激电动汽车使用而推出的减税及其他财政鼓励,通常是向所有消费者平等开放,不受他们收入水平的限制。这会造成社会效益的不平等分配。电动汽车带来的社会效益包括能源安全的提升和温室气体排放的减少。能源安全的提升是全国共享的效益,但空气质量改善所带来的效益却并没有公平分配(Skerlos 和 Winebrake, 2010<sup>[51]</sup>)。如果购买电动汽车的税收抵免可以根据收入水平进行调整,

将增加汽车在低收入群体中的应用,也有助于更加公平地分配电动汽车的社会效益。

改善共享车辆和充电基础设施可以惠及所有人。在新冠肺炎疫情结束后,旨在刺激低排放车辆销售和充电基础设施投资的复苏措施应该将重点放在共享汽车上,而不是私家车,从而实现环境和公平目标(Buckle等,2020<sup>[52]</sup>;Goetz,2020<sup>[53]</sup>)。未来的交通发展主要受共享车辆、自动驾驶车辆和电动车辆的影响。私营部门将是推动改善的主力军。考虑到改善后可以带来的公共和私人效益,政策制定者必须确保无论是公共还是私营部门,优先事项都应该是社会公平。

#### 4.6.2 碳排放税一定不能伤害低收入人群

为促进减排而采取的定价机制可能对公平产生不利影响。自从碳税成为一种政策工具,其公平效应一直都是讨论的议题。碳税会影响出行的成本,改变乘客的需求、模式的选择以及道路网络中的交通流量。这些对于低碳公路运输而言,都是非常重要的因素(ITF,2020<sup>[54]</sup>)。但是,从理论上以及经验上看,碳税和能源税都是累退性税收,对低收入群体的影响相对大于对高收入群体的影响,从而导致不公平。虽然有强有力的证据表明,碳税有助于减缓碳排放,但将碳定价作为一种减排工具,其实施过程一直是缓慢且犹豫的,因为碳税因其影响分配的累退性一直受到反对(Büchs,Bardsley和Duwe,2011<sup>[55]</sup>)。

累退税对低收入群体的冲击较大。碳税对非城市客运的影响比其他政策工具更大,因为它们往往是在全国范围内确定和实施的。收入、生活条件、消费偏好和模式的差异以及不同社会经济群体对同一政策的不同反应导致了影响分配的累退性(Liang,Wang和Wei,2013<sup>[56]</sup>)。低收入群体即便不太可能经常乘坐飞机,但仍可能比高收入群体承受更重的碳税负担,具体取决于他们有哪些替代选项。碳税收入的使用方式,在减轻或消除低收入群体的负担方面,可以发挥重要作用。

采用碳税之前进行的分配影响分析可以让大家注意到需要关注的领域,以及公平影响已经出现但尚不明显的领域。例如,2016年,美国12%的人口乘坐6次或6次以上的航班,占航班总数的68%(Rutherford,2019<sup>[57]</sup>)。在英国,1%的居民乘坐了近20%的国际航班,10%的居民乘坐了一半以上的国际航班(Kommenda,2019<sup>[58]</sup>)。在欧盟26个国家,与航空出行相关的碳足迹随着支出和收入的增加而增加(Ivanova和Wood,2020<sup>[59]</sup>)。因此,航班定价机制可以将成本转移到产生排放的人身上,而且税率不太可能递减。

碳税的实施不是一定会产生消极的影响分配。成功的范例就是以优惠措施补充税收措施,保障低收入群体免受碳税负担。优惠措施可以采用不同的形式。例如,瑞典在提高能源产品税的同时降低了所得税税率(Speck,1999<sup>[60]</sup>)。在丹麦,碳税产生的收入可以用于其他部门,作为劳动力补贴或者节能投资(Wei等,2008)。决策者必须时刻警惕消极的分配影响并掌握可避免这些影响的措施。可以通过直接转移和补贴将碳税收入发还给特定群体或个人;也可以从一开始就对特定群体提供免税或较低的税率。这些措施都会直接影响到碳税的有效性。

#### 4.6.3 量化非城市交通的公平性

正如本章前文所述,年度人均非城市交通活动量在模拟的3种情景下都有增长。人均活动量的不断增长,本身并不意味着交通运输变得越来越公平。对公平影响的评估,必须审视各地区交通活动的分布情况。基尼系数是检验收入分配的一个指标。数值为1说明所有收入都集中在一个人身上,而数值为0说明收入平均分配给了所有人。在检验各地区的人均人公里数时,也采用了类似的办法。2015年的基尼系数为0.47。2050年,基尼系数在3种情景下都比2015年更低:恢复情景下为0.36,重塑情景下为0.38,再塑情景下为0.39。重塑和再塑情景都设定了政策和措施,进一步增加出行成本。出行成本的增加对经济能力较低的地区影响更大。因此,2015—2050年间,虽然不同地区之间人均出行需求的差距缩小,但重塑和再塑情景下设定的定价机制意味着差距的缩小幅度将小于恢复情景。

2015年,不同地区之间非城市交通人均CO<sub>2</sub>排放量的分配比人均人公里数更不平等。基准年的基尼系数为0.52,而人公里数的基尼系数为0.47。2050年该系数在3种情景下都降至0.35左右。以人

公里数相比,重塑情景稍微更加公平一些。这是脱碳政策对高排放地区产生巨大影响的结果。

## 4.7 政策建议

非城市交通是气候政策中一个被忽视的领域。地区和城际出行占有所有交通运输排放的 1/3 以上,占客运排放总量的一半以上。随着农村通勤者、穿梭于不同城市的短暂访客和游客越来越多,如果不解决他们的碳足迹问题,就很难控制住气候变化。

新冠肺炎疫情暂时减少了非城市客运,特别是航空客运的排放。但是地区和城际交通很快就会反弹,而且到 2050 年至少翻一番。如果保持目前的政策不变,非城市客运的排放量将增加 1/4。

政策上的转变将为更可持续的非城市交通铺平道路。如果能够巩固疫情带来的积极的脱碳趋势,未来 30 年非城市交通的排放量可以减少一半以上。将脱碳投资作为经济复苏计划的优先事项,可以引导非城市交通走上正确的道路。以下建议详细说明了将在这条道路上采取的重要步骤。

### 4.7.1 提高高排放非城市交通的价格,从而鼓励使用清洁替代

政府可以对碳的使用征税,并对目前处于低税或免税体制下的交通选项增加征税。至于国际运输,这些定价机制的实施既需要考虑出发国,也需要考虑目的国的情况。这样可以最大限度地减少漏洞,确保税收资金可用于推动交通脱碳。如果不存在其他交通选项,则出行费用的增加可能会略微减少需求并改变出行行为。交通碳定价还可以推动绿色替代选项的可用性,例如,通过增加混合航空燃料或电力飞机的吸引力,或者鼓励采取其他措施提升现有交通模式的可持续性和可负担性。

除了国内碳定价,各国政府还应努力就国际航空定价机制缔结双边或多边协议。引入有效的碳定价必然经历艰难的谈判,遇到重重反对。但是,不采取行动所造成的损失将远远高于惩罚高碳运输与提倡低碳替代所需的成本开支。

### 4.7.2 制定有助于刺激可持续非城市交通发展的疫情后复苏计划

为疫情后复苏而制定的经济刺激计划应包含支持可持续交通发展的环境条件。政府需要对电动汽车的制造和使用给予优于汽油和柴油车辆的特权。这种奖励措施可以专门针对非城市出行中共享和公共交通中使用的大型车辆。如此,低排放车辆的效益将不再局限于城市内和私家车车主,而可以扩展至更广的范围。

对交通运营商的援助可以以特定的气候目标为前提,这已经应用于整个交通生态系统。以下措施是针对非城市客运的一些更具体的例子:提高城际和地区轨道服务频率和运营质量;鼓励公交车和出租汽车运营商改用低排放或零排放车辆;要求航空公司限制短途航班从而刺激轨道出行;政府和企业鼓励员工乘火车出差,而不是坐飞机或开车。

### 4.7.3 协调交通和能源领域的脱碳政策,重点关注零碳交通对清洁能源的依赖

如果没有清洁能源,没有实现能源部门的脱碳,那么低碳或零碳运输是不可能实现的。着眼于绿化电网和改进电池技术的经济复苏计划对交通运输全面脱碳至关重要。绿色电网的作用很关键,因为未来越来越多的非城市交通将转向电力。电动公路车辆、轨道交通的进一步电气化以及混合动力电动飞机均有助于实现脱碳目标,而它们都需要清洁的电力。

### 4.7.4 规定航空使用替代燃料,鼓励长期创新

鼓励航空部门采用替代燃料。从短期来看,可以减少排放;而从长期来看,有助于推动创新。最初,

可以要求只使用一定比例的可持续替代燃料,如生物燃料或来自可持续来源的合成燃料。燃料要求将刺激未来新型可持续航空燃料的创新和应用,进一步促进飞机效率的提升。这样的措施将对飞行成本产生直接和间接的影响,从而减少需求。

#### **4.7.5 鼓励转向低排放的非城市道路交通,降低其成本,增加用户对清洁交通选项的信心。**

购买补贴、退税和免税可以增加电动汽和其他低排放车辆的可负担性,进而增加消费者的购买意愿。低排放车辆较高的初始成本和充电基础设施的缺乏劝退了很多潜在用户,特别是城市区域以外的用户。如果沿着城际线路投资建设快速充电基础设施,电动汽车就可以变成可靠的长途出行选项。公共部门可以率先垂范,为公共交通配备低排放车辆,并设立更多的公共充电站。应该加大对清洁车辆和燃料技术的研发投资,帮助降低成本,提高性能。

#### **4.7.6 积极投资交通领域之外的技术发展,确保新技术可以大规模应用,全面推进脱碳努力**

如果先进技术没有达到大规模的应用,那么鼓励采用新型车辆和燃料技术的政策并不能为脱碳工作带来助益。应对现有和新兴产业的新技术研发进行大量投资,以满足需求,促进新技术快速投入使用。这包括开发新的生物燃料、设计更高效的飞机、增加电池容量并降低成本。因此,需要提前对研发所需的人力资本进行培养和规划。

## 第5章 大胆的行动可以实现货运脱碳

本章着重探讨货运在可持续运输系统中的重要作用以及货运脱碳面临的挑战。本章评估了3种情景下货运活动和排放在未来30年的发展,并针对货运的可持续发展提出了若干政策建议。此外,本章还讨论了脱碳可能引发的地区不平衡,并指出了在确保公平过渡至清洁货运过程中应注意的重要考量。

### 概要

货运碳足迹与客运碳足迹同样重要

考虑到货运的跨境复杂性和商业性,可以说政策制定者并未给予货运领域应有的关注度。尽管货运的CO<sub>2</sub>排放量占到运输总排放量的40%以上,但货运领域的政策雄心还是相对低于客运。预计在未来30年,即便是在雄心勃勃的政策日程下,货运需求仍将增长1倍以上。大胆且快速的行动是脱碳的关键。

回归到疫情前的“常态”意味着货运排放将继续上升,无法实现气候变化减缓目标。但是,如果采取果断的脱碳行动,2050年货运产生的CO<sub>2</sub>排放量可以比2015年减少72%。所有交通模式引入低碳技术、货运整合、合作以及标准化是实现减排目标的关键杠杆。

公路货运将对运输脱碳产生决定性影响。目前货车产生的CO<sub>2</sub>排放占到所有货运排放的65%,并且货车将继续成为公路运输的主要模式。长途重型货车的碳中和解决方案还未达到广泛应用所需的商业可用性,还需进一步推进车辆技术、供应及配送基础设施的发展。海上货运占全球货运的70%以上。海上货运的碳密度相对较低,但是产生的排放并不包含在《巴黎协定》的国家自主贡献中。海上货运领域属于国际海事组织的管辖范围,该组织已经设定了减排目标,但还未就减排措施达成一致意见。清洁平等的运输转型需要密切的国际合作。

新冠肺炎疫情后,对供应链韧性的重视为货运脱碳创造了减排机遇。加快数字化和自动化进程,有助于优化物流,降低碳密度。刺激计划可以包含对替代燃料生产、配送和供应基础设施的投资,还可以刺激多模式联运的可用性 & 竞争力。部署更新、更清洁的船只也是关键。

替代燃料取代化石燃料的节奏越来越快。处于历史低位的燃料价格为逐步取消化石燃料补贴提供了机遇。许多发达经济体的长期利率接近于零,意味着这类投资的社会回报率可能超过项目的财政成本。世界正面临着前所未有的机遇,可以作出大胆的政策选择,推动向清洁货运成功且平等的过渡。

综上所述,本书给出以下政策建议:

- (1) 制订刺激计划,协调推进经济复苏、货运脱碳和供应链韧性提升。
- (2) 协调定价刺激机制和货运脱碳雄心,争取运输商的认可。
- (3) 尽快扩大范围落实可采用的货运脱碳措施,减少成本和排放。
- (4) 加强国际合作,控制货运排放。
- (5) 加快标准化进程,加速新型清洁技术的应用。
- (6) 根据地区实际情况制定脱碳路径,缩小通用解决方案中的差距。

### (7) 扩大私有数据的访问渠道,提升政策设计。

本章内容覆盖了所有的货物运输:空运,海运以及地面的公路、轨道和内陆水运模式。分析目标既包含国际货运,也涉及国内货运。如果没有特殊说明,城市货运包含在公路货运中。本章描述了货运的现状,指出了货运脱碳面临的挑战和机遇。随后探讨了疫情对货运的影响,并总结了货运可能遇到的短期及长期结构性变化。还根据未来发展可能选择的3种不同情景,讨论了有助于过渡至更加清洁、更加公平货运的政策。在给出恢复、重塑和再塑情景的具体结果之后,讨论了可能出现的地区不平衡,造成这些不平衡的原因包括脱碳政策以及新冠疫情引起的货运市场结构的变化。本章最后总结了若干政策建议。

货运是全球经济发展的推动力,但也是CO<sub>2</sub>排放的主要来源。2019年货运活动总量达到145.229万亿吨公里。根据ITF的估计,共产生了32.33亿吨CO<sub>2</sub>。同一年,货运排放占到交通总排放的42%。2020年,受新冠肺炎疫情的影响,客运活动的下滑比货运更明显,所以货运产生的CO<sub>2</sub>排放占比上升到了50%。即便是在最乐观的情景下,预计未来30年货运需求仍将增长1倍以上。如果继续沿着疫情前的政策轨道进行,到2050年货运产生的排放不会减少,而是会比2015年高22%。如果实施雄心勃勃的政策,则可以在未来30年大幅减少货运排放。

公路货运将继续成为地面货运的主要模式,并且对运输脱碳具有决定性影响,因为公路货运占货运总排放量的65%。长途重型载货车的碳中和运输解决方案还不具备广泛部署的商业可用性,需要进一步提升车辆技术、供应及配送基础设施。要实现公路货运的脱碳,需要上百万家小型企业更新它们的货车,转向由清洁能源提供动力的车辆。

海上运输是主要的货运模式,吨公里数占比达到70%以上,但因为海上运输能力高且碳密度低,所以CO<sub>2</sub>排放只占有所有货运排放的20%。但是,它仍然是继公路货运之后的第二大排放源。

货运需求的增速低于之前的预测。以吨公里数计,之前预测到2050年货运活动将增加2倍以上(ITF, 2019<sup>[1]</sup>; ITF, 2017<sup>[2]</sup>)。受疫情影响,GDP和贸易下滑,导致货运增速放缓。在恢复情景下,2015—2050年间货运活动的复合年增长率是2.7%,而不是疫情前预测的3.4%。即便是在将新冠肺炎疫情的影响纳入考虑之前,更新的GDP和贸易预测都显示货运增长速度低于《ITF交通运输展望2019》建模时的预测值。新冠肺炎疫情进一步加剧了增幅的减缓。此外,运输的平均距离也比2019年建模时更短,包括在恢复情景下也是如此。恢复情景下货运对长途贸易的依赖更小(图5-1)。

在重塑情景下,由于化石燃料消耗减少,加之3D打印增加,货运需求的增幅进一步放缓。这些趋势在再塑情景下更明显。再加上贸易区域化的影响,将进一步减缓需求的增长速率。到2050年,重塑情景下货运活动比恢复情景下减少11%,再塑情景下则减少18%。但是,在再塑情景下,2015—2050年间运输活动仍然将增长1倍。

持续减排是可以实现的目标,但是需要大胆的行动。在恢复情景下,即便落实国家已经公布的政策且政府并非采取不作为的态度,从长期来看,碳排放仍将继续增长,到2050年排放量将比2015年增加22%。但是,由于需求的降低以及2019年之后政府新作出的减缓承诺,这个情景下的排放量仍然明显低于2019年版的运输展望中的预测值。

货运排放目前大约占到所有交通活动排放总量的42%,到2050年之前,占比将增加到44%。更具雄心的政策为减排创造了可能性。货运可以与其他运输部门协同努力,减少碳排放,帮助实现气候目标。在重塑情景下,货运活动到2050年之前产生的排放比恢复情景下少70%,相比2015年减少了64%。再塑情景下降幅更大,2050年比恢复情景下减少77%,比2015年水平减少72%。恢复情景下,货运在交通排放总量中的占比将保持稳定;而在再塑情景下,占比将下降至37%以下(详见第2章图2-8)。

重塑情景设定了明显强化的领导力和更快的技术转型。综合一系列经济、监管、技术以及运营措施,在2015—2050年间,可将货运碳密度减少84%。这条路径的成功也仰赖外部因素引起的货运需求增幅的放缓。新冠肺炎疫情对经济和社会都产生了冲击。再塑情景设定政策制定者利用疫情作为“重



塑得更好”的机会,通过加强疫情期间的积极趋势和措施,进一步推动碳排放的减少。

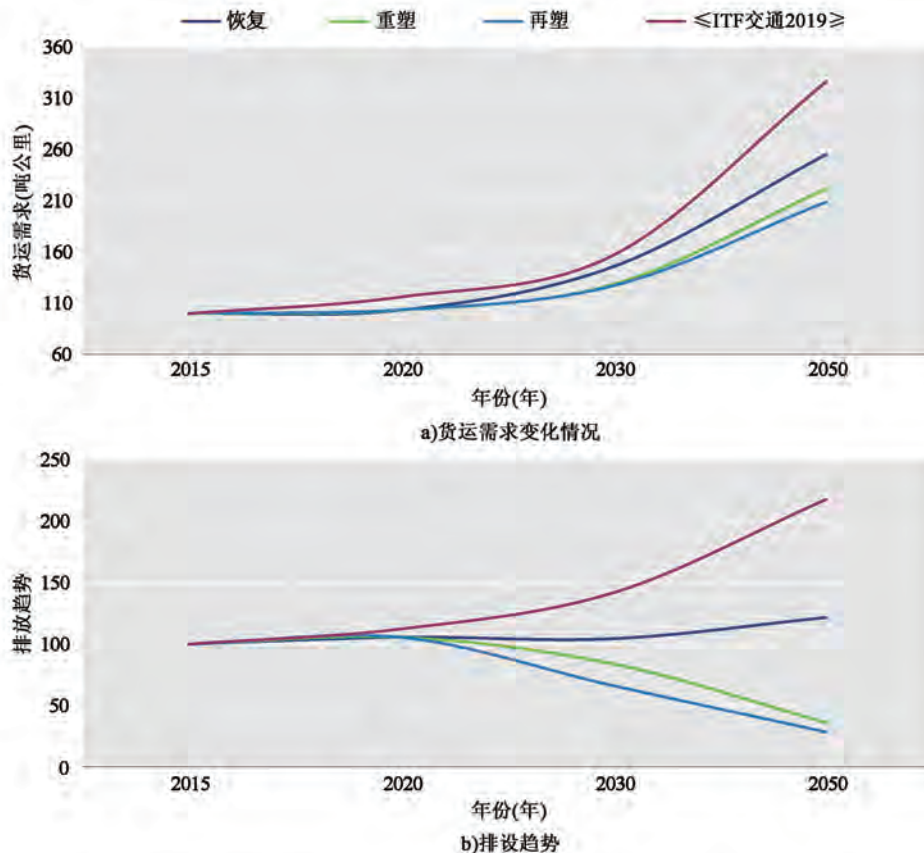


图 5-1 货运需求和排放趋势

注:以 2015 年作为基准年,2015 年货运需求、排放值均为 100。

资料来源:StatLink 2<https://doi.org/10.1787/888934238983>。

## 5.1 货运脱碳:现状

大多数货运活动发生在海上。海上货运占货运活动总量的 70% 以上,排放占货运排放总量的 1/5 左右。海上货运需求在过去 20 年间大约增长了 1 倍,平均每年增长 3.7% (图 5-2)。

公路货运占全部货运活动的 15%,其 CO<sub>2</sub>排放量占全部 CO<sub>2</sub>排放量的 44%。在包括公路、铁路和内陆水运的地面货运模式中,公路货运是最主要的模式,占地面货运的 60%。未来公路货运的占比可能会下降,但仍将保持主要模式的地位。

城市货运距离短、出行次数多、负载率小。城市货运虽然只占全部货运活动的 3%,但是因为碳密度很高,所以排放大约占到货运排放总量的 20%,几乎达到了全球海运的水平。

铁路和内陆水运是碳密度最低的地面运输模式。2015 年铁路货运占全球地面运输的 30%,如果实施雄心勃勃的脱碳政策,到 2050 年占比将达到 35% 左右。在 OECD 国家、欧盟国家和美国,铁路货运需求保持了连续 3 年的增长后,在 2019 年出现了下滑。中国所有的地面货运模式都一直在增长,而且对内陆水运的利用程度比其他国家都高。

以吨公里数计,航空货运在全球货运活动中的占比不到 1%。这是由于大多数空运的货物都属于价值高、质量轻的类型。航空货运是目前为止碳密度最高的货运模式:ITF 根据国际能源署 (IEA) 的数据计算显示,航空货运每吨公里产生的排放是货运行业平均水平的 20 倍。2011—2016 年,航空货运需求保持相对稳定,2016/2017 年增长 9% (图 5-3)。

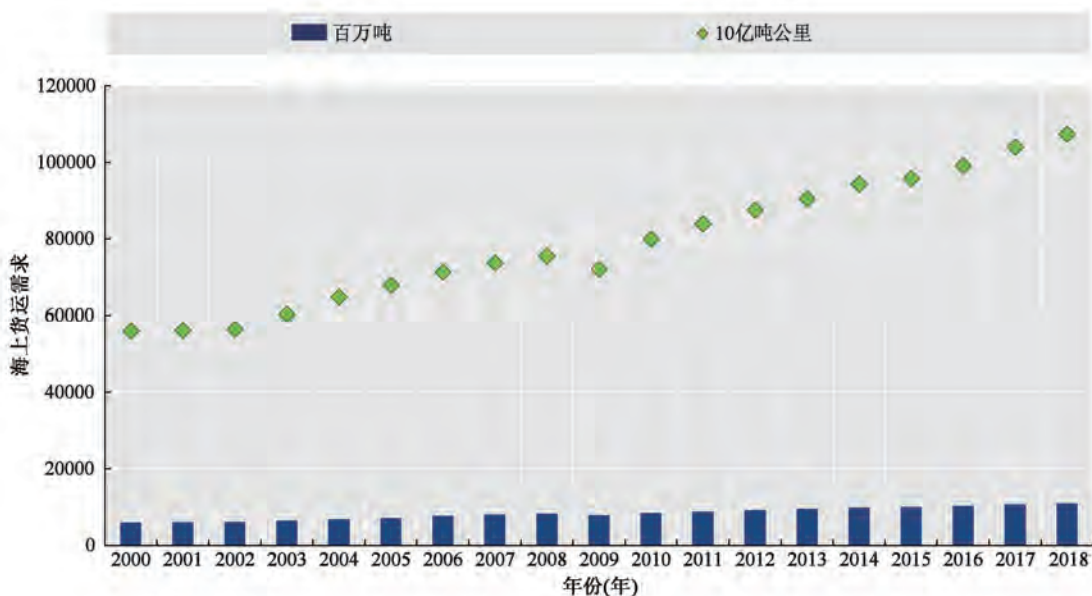


图 5-2 2000—2018 年海上货运需求总量的发展情况

注:2018 年的数据是估算数据。

资料来源:2000—2018 年间货物吨数的数据来自 UNCTAD(2020<sup>[3]</sup>),世界海运贸易数据库, <http://stats.unctad.org/seabometrade> (2020 年 8 月 7 日访问)。吨公里的数据来自 UNCTAD(2020<sup>[4]</sup>)《海上运输回顾 2019》, [https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2019\\_en.pdf](https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2019_en.pdf), 基于克拉克森研究服务公司的数据。

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934239002>



图 5-3 2011—2017 年全球航空货运量发展情况

资料来源:数据来自 ICAO(2018<sup>[5]</sup>) ICAO 理事会年度报告 2017, <https://www.icao.int/annual-report-2017/Pages/default.aspx>。

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934239021>

2016—2019 年不同地面货运模式的运输需求如图 5-4 所示。

发展迅速的新兴经济体在地面运输活动中占比最大。2015 年,亚洲的地面货运吨公里数占全球总量的 39%。到 2050 年之前,将近一半的地面货运活动将集中在亚洲。撒哈拉沙漠以南的非洲地区(SSA)、亚洲以及中东和北非地区(MENA)是地面运输活动增长率最高的地区。此外,欧洲经济区

(EEA) 和土耳其、美国和加拿大,以及 OECD 太平洋的增幅最低。

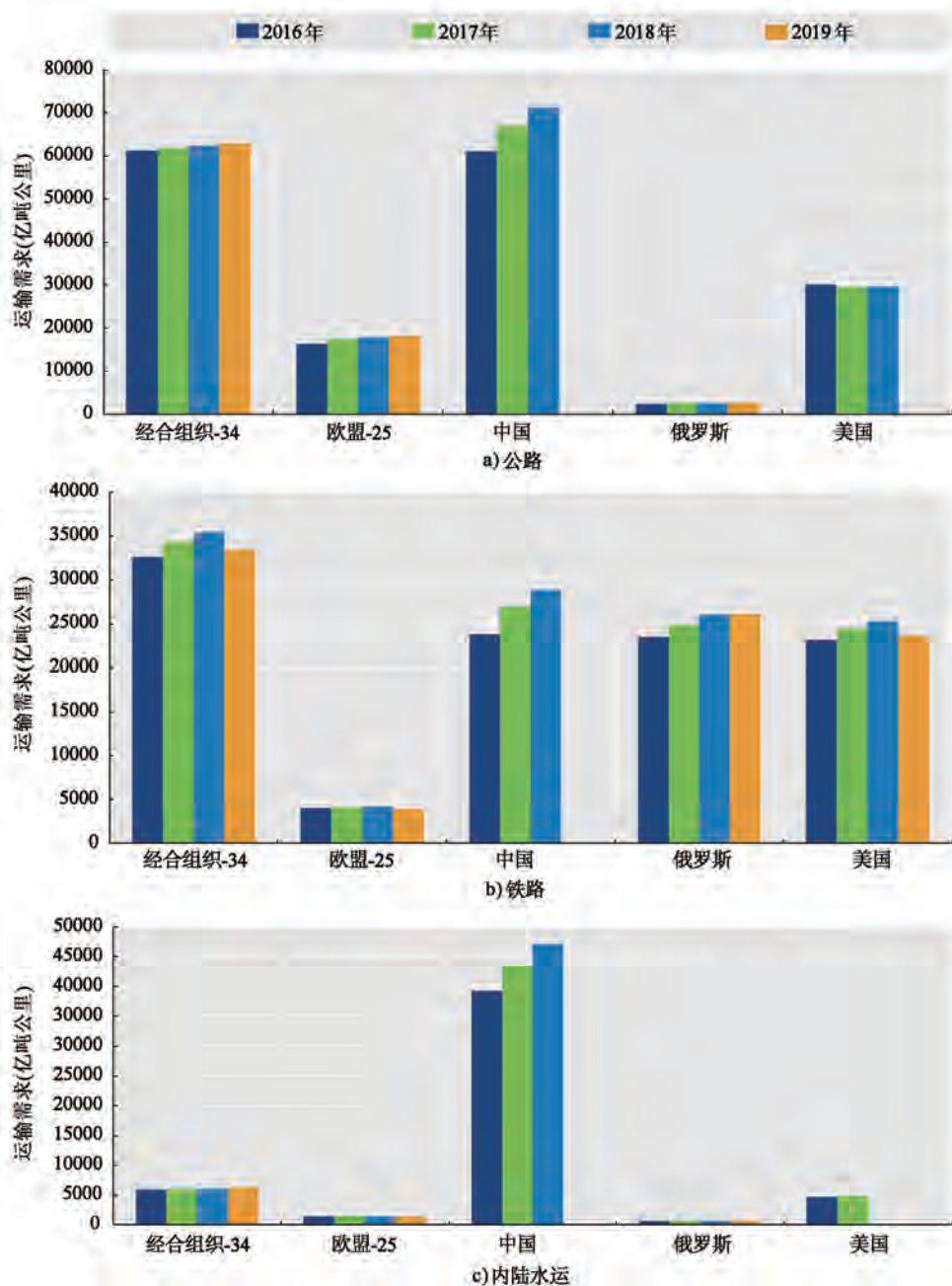


图 5-4 2016—2019 年不同地面货运模式的运输需求

注:公路运输总量不包括智利、哥伦比亚、塞浦路斯、以色列和马耳他。铁路运输总量不包括澳大利亚、比利时、哥伦比亚和塞浦路斯。内陆水运总量不包括加拿大、智利、哥伦比亚、塞浦路斯、爱沙尼亚、拉托维亚和葡萄牙。以下国家 2019 年的数据属于估算数据:加拿大、丹麦、冰岛、韩国、瑞士、英国和美国 2019 年的公路运输数据;丹麦、西班牙和英国的铁路运输数据;以及英国和美国的内陆水运数据。美国 2018 年的内陆水运总量属于估算数据。

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934239040>

亚洲进口运输活动的占比将大幅增加,到 2050 年之前从 2015 年的 28% 增加至 40% 以上。拉丁美洲和加勒比地区(LAC)以及 MENA 的进口运输活动也会比世界其他地区增长得更快。在发达地区,进口导致的运输活动也会增长,但在重塑和再塑情景下,年增长率不超过 1%,特别是在 EEA 和土耳其,这主要是因为化石燃料的贸易减少了。MENA 和转型国家(包括部分前苏联国家和非欧盟的东南欧国

家)等地区的出口活动将下降。在更具雄心的脱碳政策下,2050年这些地区的出口将比2015年减少1/4~1/3。现在还依赖化石燃料出口的国家未来将面临严峻的脱碳转型挑战,而那些依赖化石燃料进口的国家则具备更大的脱碳动力。

脱碳雄心更高的地区将提升自己在世界市场上的竞争力。在情景模拟中,欧洲采取的措施更加大胆,因此在重塑情景下,欧洲与出口相关的运输成本相较于2015年降幅最大。另一方面,在那些远离主要消费中心的地区(例如OECD太平洋地区)或者脱碳节奏比较慢的地区,例如MENA和SSA,平均出口运输成本将上升。在多个因素的作用下,包括人均GDP增加以及实施碳税等一些脱碳措施,脱碳节奏较慢的地区运输成本的增加幅度最大。如果这些地区的脱碳措施没有尽快得以部署或者消极的成本影响没有得到减缓,全球运输脱碳进程可能被指责不公平。

### 5.1.1 货运的主要挑战

技术进步缓慢是货运脱碳的主要挑战。长途重型载货车实现碳中和运输所需的技术发展大多仍处于实验阶段。公路货运仍是未来主要的地面运输模式,且产生的排放在货运排放总量中占比最大。电池、其他替代燃料、供应和配送基础设施以及车辆的发展还不成熟,无法提供大范围立即可用的商业解决方案。

国际货运模式的全球管理规则存在缺陷,对脱碳提出了挑战。国际海运及空运排放不包含在《巴黎协定》的国家自主贡献(NDCs)中。国际海运和空运的脱碳措施和监管不是由某个特定的国家或地区机构所负责,而是属于国际组织的管辖范畴,由国际海事组织(IMO)和国际民航组织(ICAO)负责。在这样的背景下,制定大胆的措施尤其困难且耗时。

缺乏政策行动阻碍了货运脱碳。在对抗气候变化的过程中,客运受到的关注一直比货运多。货运大多是私营业务,承担的公共服务义务较少,在政策制定中一直都没有客运领域那么受重视。由此产生的后果包括缺乏监管、数据,甚至是成熟的政策评估工具。

必须克服长途货运缺乏商业可行的碳中和技术这一问题。必须吸引运输商投资零碳车辆和零碳燃料。如果低碳车辆或低碳燃料的价格比传统车辆或燃料更高,那几乎没有运输商会投资它们。这种价格的差异一部分原因在于传统车辆或燃料的价格没有反映出温室气体排放和气候变化等对外界产生的消极作用。实际上,部分货运,如海上运输,享有大额的燃料免税。这些免税措施会阻碍向低碳运输的过渡。

必须逐步取消化石燃料免税,才能成功实现货运脱碳。在地区、国家、跨国或全球范围内将货运排放加入碳定价机制,可以为低碳转型铺平道路。尽管全球性的行业,像是国际航运,理想上应该受到全球性规则的管制,但是在没有国际碳定价协议的情况下,跨国倡议可以作为次优选项。

碳定价机制对公平提出了严峻挑战。这类另加成本的措施对不同的人口群体、经济部门以及世界地区产生的负担可能是不公平的。为了消除污染和低效而实施的税收措施必须考虑到成本和效益的公平分配。民众如果认为措施不公平,可能会产生强烈抵制。

### 5.1.2 货运脱碳三步走

在货运脱碳领域有许多可容易实现的成就。公路货运方面已经准备落实的解决方案包括空气动力改进,减少轮胎的滚动阻力,减轻车辆质量,提升发动机效率和引进混合动力。雄心勃勃的燃料经济和CO<sub>2</sub>排放标准有助于这些措施的大范围落实。对于城市货运,替代燃料已经或即将提出商业可行的解决方案。政策可以通过定价机制等激励计划、更加严格的排放标准、零排放区域、充电基础设施和鼓励大型车辆使用替代燃料等措施,推动城市物流采用替代燃料。其他范例还包括环保驾驶培训,以及减少对货车长度和质量的限制,在某些交通走廊引进高容量车辆(HCVs),最大限度地提高效率。进一步的措施包括对新设备和程序采用通用标准,促进非高峰时段运送,创建收集点,优化路线以及制定目标明确的自愿减排计划。这些以及其他措施详见ITF的各种报告和资源[如《交通运输气候行动目录》

(ITF, 2020<sup>[6]</sup>), 公路货运脱碳趋势、措施和政策 (ITF, 2018<sup>[7]</sup>), 2035 年之前实现零碳运输的海运脱碳路径 (ITF, 2018<sup>[8]</sup>), 城市配送车辆如何促进电动出行 (ITF, 2020<sup>[9]</sup>)。

物流企业增加合作可以减少排放和成本。到目前为止, 各公司在地面运输过程中的合作仍然非常有限。扩大合作有助于开启巨大的脱碳潜力。横向合作有时会因为反垄断法而受到限制, 这样的法律风险已经阻止了一些企业的合作尝试 (ITF, 2018<sup>[7]</sup>)。由中立的、可信任的第三方运营的数字合作平台也许能克服这些障碍, 帮助迈向物联网。疫情带来的冲击促进了企业之间的资产共享, 填充了原本空跑的返程。疫情可能导致行业整合, 在货车运输等比较分散的货运部门, 行业整合可以带来更多共享资产的机遇并扩大经济规模, 加速车辆更新和清洁技术的应用。对韧性重要性的重新认识推动了从“准时制”向“以防万一制”的转变, 为货物和运输的整合提供了更多机会。货运整合有利于多模式联运解决方案的应用, 包括铁路或内陆水运等碳密度更低的模式。

为了实现气候目标, 货运必须转向低碳或零碳能源。目前, 只有铁路为零排放运输提供了可大范围部署的成熟可用的解决方案。预计未来会有一些程度的模式转移, 但程度远不足以实现有意义的减排。大部分公路货运都无法转向铁路运输, 更不用说洲际贸易了。洲际贸易主要依赖海运, 其次是空运。长途重型载货车、船运或空运, 距离零排放技术的广泛应用, 仍有很长的一段路要走。目前, 投资低碳车辆及替代燃料, 对运输商而言不具备吸引力。为了实现气候目标, 需要增加零排放技术的可用性和吸引力, 才能确保这些技术得到应用。直接向公路车辆提供电能 (“电动公路”)、氢以及电池等技术已经具备了改变长途重型运输的潜力。但是, 这些技术还没有考虑到电力生产过程中产生的排放以及绿色氢能的可用性。

未来不太可能只由一种单一的替代能源取代内燃机。即便电动公路可以有效地为长途公路货运提供动力, 但它们也不能覆盖所有的运输行程。氢、电池或者先进的生物燃料可以在电动公路基础设施不足的情况下作为补充选项。需要作出战略性的政策选择, 决定优先扩大哪些替代燃料的使用规模。这些选择涉及大量资金, 尤其是对供应基础设施的投资。扩大解决方案意味着要确定优先顺序, 但在短期内可以保留一定的灵活性。试错是确定优先顺序过程中不可避免的一部分, 所以必须大力鼓励后续的研究和试验项目。低碳液体燃料的进步, 像是先进的生物燃料或是合成可再生燃料 (电力燃料), 或者碳捕获和封存 (CCS) 的加快部署, 即便目前无法预见其发展, 也不能将其排除。为了进一步探索有哪些政策选择范围以及参数类型会影响货运脱碳, 一个非常有用的资源就是艾伦麦金农提出的物流脱碳框架 (麦金农, 2018<sup>[10]</sup>)。案例框 5.1 介绍了 ITF 最近在货运部门开展的工作。

### 案例框 5.1 国际运输论坛近期在货运领域开展的工作

#### 1. 韩国邮政车辆的电气化

ITF (2020<sup>[11]</sup>) 评估了在韩国 8 个城市用电动汽车取代邮政摩托车的成本和效益。根据两种车辆实地试验的数据, 评估了成本、安全性能以及环境影响。研究表明替代机制的总效益超过成本 243%, 因此建议继续替代。试验参与者焦点小组的意见进一步说明了试点研究以及与驾驶员交流了解当地环境的重要性。为了更好地适应相对较大的电动汽车而进行的驾驶员教育以及路线调整是提升驾驶员对替代计划信心的关键。

#### 2. 越南物流统计系统

ITF 自 2018 年 5 月开始, 一直在协助建立越南物流统计系统 (VLSS)。建立 VLSS 最主要的目的就是运输和物流的所有相关数据储存到一个单独的机构中, 这有助于之后数据的管理和传播, 以及提高数据的使用效率。为了填补已经发现的最迫切的数据空缺, ITF 开展了一项调查, 收集 2018 年省级层面上货物从出发地运输至目的地的数据, 包括货物吨数和越南盾价值、使用的交通模式以

及商品类型。这项研究生成了关于越南各省份货流的首批数据。

### 3. 提高东北亚地区运输联通性的影响分析

这项研究的主要目标是提供一种方法,评估特定的基础设施发展情景下东北亚的货运潜力。应用 ITF 经过调整后的现有货运模型(ITF,2020<sup>[12]</sup>),获得韩国、朝鲜及中国之间当前跨境联通水平以及两种假设情景下联通性和网络性能的量化指标。两种假设情景的不同之处在于韩国、朝鲜和中国之间跨境活动的密度和效率不同。

### 4. 清洁货车和客车的监管及标准

这份 ITF(2020<sup>[13]</sup>)报告回顾了重型车辆技术标准取得的进展,这些进展可以帮助货车及客车实现零排放或近零排放。该报告重点关注插电式混合动力电动汽车以及燃料电池电动汽车,它们采用的技术处于绿色和包容经济发展的前沿。该报告包括充电及燃料补充基础设施的技术标准信息,并指出了未来发展面临的障碍和机遇。

## 5.2 应对新冠疫情:后疫情时代货运面临的机遇和挑战

大规模疫情导致货运活动减少是近几十年来从未遇到过的情况。2020 年第二季度的货运量比 2008 年金融危机高峰时期更低(ITF,2020<sup>[14]</sup>)。ITF 估计 2020 年全球货运活动比前一年下降 4%。推动货运需求增长的两个关键动力——全球 GDP 和贸易经历了剧烈下滑。自 20 世纪 30 年代的大萧条以来,全球 GDP 第一次出现了年同比萎缩。最新可得预测包括:OECD 预测降幅达到 4.2%,IMF 预测下降 4.9%,世界银行预测 5.2%(世界银行,2020<sup>[15]</sup>;IMF,2020<sup>[16]</sup>;OECD,2020<sup>[17]</sup>)。根据联合国贸易和发展会议的数据,全球贸易量将下降 20%(UNCTAD,2020<sup>[18]</sup>);而世界贸易组织则预计降幅为 9.2%(WTO,2020<sup>[19]</sup>)。这些下降幅度将达到或超过 2008—2009 年的骤降幅度。与 2008 年金融危机不同,当时的影响主要集中在发达国家,而快速发展的新兴经济体受到的影响比较小,但这场疫情同时影响全球所有地区。即便按照系统性危机的标准来看,这也是一场百年一遇的、实实在在的全球性危机(Reinhart 和 Reinhart,2020<sup>[20]</sup>)。

疫情将为货运和物流带来长期性的变化。这种规模的危机总是会激起或加速货物生产和运输的质变。2008 年金融危机标志着 GDP 与贸易增长脱钩,同时也引领了零工经济的兴起。2008—2018 年,贸易增长率只达到前 10 年水平的一半,而且贸易对 GDP 的弹性也下降了(ITF,2017<sup>[21]</sup>)。爱彼迎(Airbnb)和优步(Uber)都是在前一次危机中创立的。数字平台的服务不断发展,为人们的移动和购物方式提供了新的选择。当前疫情对我们经济和社会造成的冲击可能会进一步扩大,进一步加强电子商务和贸易区域化等趋势,或者重新平衡供应链的韧性和效率。

货物流通活动的减少没有客运领域严重。消费的下降以及边境、港口和机场运输网络的中断,影响了货物流通。但是,为了控制疫情而实施的封锁及出行限制措施对人员流动的影响比对货物流通活力的影响更直接。送货上门和电子商务有所增长。在英国,它们比疫情前增加了 50%(国家统计局,2020<sup>[21]</sup>)。2020 年 8 月,航空客运量(人公里数)比前一年减少了 75%,而货物运输量(吨公里数)只下降了 13%(IATA Economics,2020<sup>[22]</sup>)。2020 年 3 月和 4 月,美国客运车辆的车公里数下降了 46%,而货车的车公里数只下降了 13%(Pishue,2020<sup>[23]</sup>)。人们必须待在家里,而货物必须保持流动(详见案例框 5.2)。

### 案例框 5.2 欧洲公路客运和货运的疫情应对

2020 年 3 月,ITF 设立了新冠肺炎疫情信息网站,用于收集 ITF/欧洲交通部长会议(ECMT)成员国实施的公路运输及跨境措施(<https://www.itf-oecd.org/road-transport-group/covid-19-road-group>)。

同时,网站还包含来自观察员组织、欧盟委员会(EC)和国际公路运输联盟(IRU)的相关通信。截至本报告发布时,网站信息仍在不断更新,且资料直接来自成员国政府。欧洲每个国家都在采取自己的措施,这个网站则整合了有关欧洲大陆正在发生的事件的信息。建立这个网站的初始目的是为驾驶员提供支持,帮助驾驶员弄清楚大量的规则,为货车驾驶员提供的资源包括每个国家规定的入境时所需的文件、检疫规则以及例外情况。政策制定者发现这个网站在监测其他国家发展动态方面也能提供极大的帮助。

疫情产生的经济影响并不一致。2020年贸易总数值巨幅下跌,但是有些部门受到的影响比其他部门更严重。2020年4月,能源贸易下降了40%。根据UNCTAD的数据,汽车产品的销量下降了50%。2020年汽车销量至少同比下降20%(IHS Markit,2020<sup>[24]</sup>)。预测2020年石油消耗下降9%,2020年4月的消耗量降至1995年的水平,这主要是由运输活动急剧减少所引起的(IEA,2020<sup>[25]</sup>)。由于电力生产减少以及可再生能源的可用性增加,2020年煤炭的消耗量比2019年减少8%。

相比之下,2020年第一季度农产品和食品的贸易反而增长了2%,谷物产量预计将增长2.6%(FAO,2020<sup>[26]</sup>)。毫无疑问,与流动性关联最密切的货物和商品承受的损失最严重。食品和医疗设备等基本产品的销量没有下降,甚至出现了增长。电信通信设备的销量在2020年第二季度出现增长,超过了2019年的水平。其他类型的电子设备也表现出了韧性。数字化和虚拟化正在加速发展。

公众提升了对货运和物流重要性的认知。疫情突显了保持社会运转所需的基本功能。物流和供应链一直在我们生活的背后发挥着作用。仓库、运货厢车、货车、货机、货运列车、集装箱船只和港口,大多要么被忽视,要么被视为麻烦。但是现在观念改变了。在疫情期间,社会发现这些企业和工人站在抗击疫情的第一线。他们运送疫苗和关键医疗设备,为人们提供所需的基本物品。货运和物流部门公共认可度的提升有助于提高该部门在公共政策中的优先性,进而推动向公平、包容以及清洁运输的过渡。

货运部门在疫情期间承受了严重的收入损失和岗位流失。2020年,全球公路货运的年度损失预计将超过5500亿欧元,收入比2019年减少18%(IRU,2020<sup>[27]</sup>)。美国劳工统计局报告称,2020年4月货车运输业损失了88300个工作岗位,超过了该行业在2008年全年失去的工作岗位总数。这些消极影响也扩展到了航空和铁路货运,但是集装箱船运部门在2020年创下了创纪录的盈利。货车运输和货运部门通常是主要的雇主(Eurostat,2020<sup>[28]</sup>)(RTS,2017<sup>[29]</sup>)。运输能力的下降会加剧这些损失的社会和经济影响,可能会危害经济的复苏。创造就业岗位和经济复苏未来一定是政策制定者的重要关切点。这也为公共政策提供了机遇,可以改革整个运输部门,加速绿色转型,并提高行业劳动力的形象和竞争力。例如,为中小企业(SEMs)提供更多的环保驾驶培训和车辆管理技能培训,可以帮助企业减少排放,而这些企业正是公路货运部门的主力军。这些措施可以帮助解决驾驶员短缺问题,驾驶员短缺又会损害公路货运行业的发展(IRU,2019<sup>[30]</sup>),提高货车驾驶员的安全和保障等措施也能发挥作用。

在高度分裂和不确定的环境下,必须作出引领未来的政策决定。经济和运输短期内的的发展取决于疫情的发展。当前的环境充满了不确定性。虽然所有地区都受到了影响,但据WTO在2020年上半年的数据(WTO,2020<sup>[31]</sup>)显示,欧洲和北美地区受到的影响高于亚洲。在欧洲和北美地区,出口下降超过20%以上,而在亚洲,出口下降了6.1%。不确定性可能冻结原本用于建设或车队更新的新投资以及消费支出,从而导致中期增长放缓。但是,企业正在迅速调整,加快数字化和自动化的步伐,重新配置资源,甚至传统行业也在利用新技术。在当前的全球危机中,公共政策将在塑造未来和未来趋势方面发挥突出作用。关于新兴经济体的讨论,详见案例框5.3。

### 案例框 5.3 ITF 新兴经济体运输脱碳项目

减缓气候变化面临的重大挑战之一,需要保障新兴经济体继续帮助人民摆脱贫困,同时减少温室气体排放。ITF 发起的新兴经济体运输脱碳(DTEE)项目可以帮助新兴国家的政府找到减少运输 CO<sub>2</sub> 排放的途径,实现气候目标,具体信息可参考 <https://www.itf-oecd.org/dtee>。

DTEE 项目为阿根廷、阿塞拜疆、印度和摩洛哥的运输脱碳提供支持。该项目正在设计一个通用的运输排放评估框架,涉及若干运输分领域和运输模式。针对具体国家提出的建模工具和政策情景,可以帮助参与国政府在交通部门实施雄心勃勃的 CO<sub>2</sub> 减排倡议。利益相关方研讨会、培训课程、决策者简报会以及减缓行动计划将刺激项目期之后的政策的进一步发展。

DTEE 项目会议“在前所未有的全球危机中实现运输脱碳:虚拟会议”探讨了运输脱碳政策可以如何促进低碳经济发展并增强阿根廷和拉丁美洲的交通系统在新冠肺炎疫情危机后的韧性。讨论的问题包括:运输脱碳议程如何适应这一严重危机时期?更具体地说,如何将运输脱碳、经济复苏以及提升运输系统韧性结合起来?从短期来看,同时实现气候变化减缓和可持续经济发展的最大挑战和机遇是什么?

注:虚拟会议《在前所未有的全球危机中实现运输脱碳》的会议结果详见 <https://www.itf-oecd.org/dtee-output>。

疫情加速了影响货运的若干趋势。数字化和电子商务、贸易区域化以及化石燃料消耗减少,是疫情期间出现的最明显的趋势。这场危机加快了已有技术和商业模式的快速应用,其中主要是可以快速大规模的趋势,逐渐成为一种标准甚至是维持运营的唯一选项。另一方面,这场危机也突显出了老旧系统的脆弱性并导致其规模大幅缩减。

数字化、自动化、虚拟化、电子商务和配送上门正在加速发展。为了让货物运输和基本物品的供应能够安全便捷地通过边境,提倡无纸化程序和文档编制的倡议越来越受欢迎(UNCTAD, 2020<sup>[32]</sup>)(欧盟委员会, 2020<sup>[33]</sup>)。企业,特别是大型跨国企业,也在努力将供应链转向数据驱动,以便更好地管理资产。加速自动化也可能是大势所趋,尤其是在物流终端、港口以及供应链的其他关键节点,出于健康及卫生原因而加快自动化的应用(Rodrigue, 2020<sup>[34]</sup>)。由于许多实体零售已经关闭或者面临着限制,日用消费品公司不得不加强线上业务来吸引消费者。同样,为了维持运营,餐馆也不得不开始或扩展配送上门的服务。网上零售和配送上门的趋势非常普遍,包括小城市和农村的传统小零售铺以及大城市的大型特许经营店和商店都逐渐转向这一趋势。

关注的重点已经转移到供应链的韧性和多样性。供应链在新冠肺炎疫情期间表现出的脆弱性以及生产自动化程度的提升(如 3D 打印)、贸易紧张关系和中国工资水平的提高,都推动企业增强供应链的韧性(经济学人智库, 2020<sup>[35]</sup>),希望在应对未来的冲击时能具备优势。采取的措施包括重新安置部分活动、将生产转移到距离消费中心更近的地方,以及从距离更近的供应商那里采购更多产品。这些战略将建立更多平均运输距离更短的地区或本地供应链,减少洲际运输(Friedel Sehleier, 2020<sup>[36]</sup>),这样的现象被称为贸易区域化(世界经济论坛, 2020<sup>[37]</sup>)。供应链的建立或移动不是一朝一夕可以完成的任务,随着越来越多的行业作出这一决定,贸易模式的转变将产生长期影响。在疫情危机之前,贸易系统就已经开始转向区域化了。2019 年,东盟(ASEAN)取代美国成为中国的第二大贸易伙伴(Huang 和 Smith, 2020<sup>[38]</sup>)(日经亚洲, 2020<sup>[39]</sup>)。随着两个最大经济体之间依然维持贸易紧张局势,发展快速的新兴经济体在全球贸易中占的份额越来越大,而且彼此间的贸易也越来越多。

能源转型和化石燃料的逐步淘汰正在加速。当前的危机严重地影响了化石燃料贸易,煤炭消费经历了自第二次世界大战来的最大降幅(IEA, 2020<sup>[40]</sup>),而石油需求则出现了前所未有的同比降幅(IEA, 2020<sup>[41]</sup>)。这一冲击可能将加速化石燃料的淘汰,有助于实现《巴黎协定》设置的目标。实现气候目标



意味着能源需求将发生重大转变。ITF 的预测(ITF,2018<sup>[42]</sup>)显示,OECD 国家需要在 2030 年之前逐步淘汰煤炭,中国需要在 2040 年之前淘汰煤炭,而世界其他地区需要在 2050 年之前淘汰煤炭。石油消费需要在 2040 年之前下降 22%。这将对货运需求产生重大影响。根据 ITF 的估计,化石燃料占全球国际货运活动的 30%(以吨公里数计)。2016 年,油气占国际海运贸易总量(以百万吨装载量计)的 30%,煤炭占 11%(ITF,2018<sup>[42]</sup>)。主要经济体已经开始实施雄心勃勃的计划,以应对气候变化并实现能源供应多样化(欧盟委员会,2019<sup>[43]</sup>)。可再生能源竞争力的增强以及经济复苏计划对清洁能源和运输的投资,将进一步推动气候变化减缓和能源供应多样化。

地面运输市场集中有助于提倡资产共享,加速清洁技术的应用。规模扩大可以提高应对干扰的能力。规模较大的物流公司在当前的危机中表现出较高的韧性。总体而言,国内的货运市场和货车运输业中,主要都是利润率较低的小型公司,这其中许多都不具备克服当前冲击所需的财政缓冲能力,因此这场冲击可能导致该行业在未来进一步集中。而集中化反过来可以提高物流效率以及行业的脱碳潜力。大型车辆往往运载能力更高,整合货运和填补回程的可能性更高。大型企业也拥有更多的资源可以投资车队更新以及清洁技术的应用。但是,海运部门也提供了一个警示。过去几十年,海运行业整合取得了进展,但是没为脱碳带来任何助益,尤其是大型海运公司。

更加重视交通系统的韧性,为脱碳提供了机遇。放松准时制,可以在海运和货车运输中更广泛地落实减速措施,包括采用更加严格的速度限制。速度降低可以减少需要的能耗和产生的 CO<sub>2</sub> 排放。此外,减轻严格遵守时间表的压力,可以增加货物整合,即充分利用可用的运载能力。这也有助于多模式联运解决方案的应用,其中包括特别适合大规模运输的碳密度较低的模式。铁路和内陆河道运输能力更高,而且是依靠专门的更可控的基础设施运行。所以在疫情背景下,它们的优势较大,尤其是在跨境运输过程中。2020 年,欧洲和中国之间的铁路运输量急剧上升,说明模式和路线多样化,对更加坚韧的交通系统而言,是非常关键的特征(Knowler,2020<sup>[44]</sup>;RailFreight.com,2020<sup>[45]</sup>)。

疫情后运输脱碳面临的挑战和机遇

表 5-1

影 响	机 遇	挑 战
短期影响	(1) 需求及运输活动总体下降; (2) 化石燃料的消耗和运输减少; (3) 自动化及数字化解决方案得到更快的部署(如在港口终端或跨境点); (4) 碳密度较低的运输模式韧性更强(铁路和内陆航道)	(5) 电子商务和配送上门增多; (6) 企业延迟了车辆更新及其他投资,包括更加清洁的技术
长期或结构性	(1) 由于经济复苏的延缓,运输需求的增速放缓; (2) 化石燃料的需求和运输以更快的速度下降; (3) 更加重视韧性,而不仅是效率,从“准时制”转向“以防万一制”,更加有利于货物整合,提高平均荷载率,推广多模式联运解决方案; (4) 更快落实可提升效率的数字化和自动化技术; (5) 更适合物流合作和资产共享的环境; (6) 市场集中度的提高可以加快绿色技术和绿色运营的部署; (7) 贸易区域化可缩短供应链,在运输总量保持不变的情况下,减少运输活动; (8) 以推动绿色复苏为目标的刺激计划的政治意愿更强,推动绿色技术和运营的可能性更大	(1) 财政限制可能延缓清洁技术的应用,包括私营企业更新车队和设备的能力以及政府部署新型基础设施的能力; (2) 化石燃料成本下降,减少了清洁技术的商业吸引力;新型技术往往初始成本较高,但由于燃料成本和消耗更低,所以总所有权成本(TOCs)更低;随着燃料成本降低,新型绿色技术的商业盈亏平衡期变长; (3) 电子商务和配送上门的发展更加迅速,加剧了拥堵,增加了排放,阻碍了货物整合,降低了平均荷载率; (4) 刺激计划支持恢复常态

“重塑得更好”刺激计划将加速运输脱碳。公共政策在疫情期间占据中心地位。只有政府有资源可以拯救和重启经济。政策制定者拥有前所未有的政治机遇和工具,可以作出大胆的选择,重塑经济,实现清洁公平的转型。许多发达经济体的长期利率接近于零,增加了项目社会回报率超过财政开支的可能性(OECD,2020<sup>[46]</sup>)。燃料价格降至历史低位,为逐步淘汰化石燃料补贴提供了可能性(IEA,

2020<sup>[47]</sup>)。刺激计划可以包含对替代燃料生产、配送和供应基础设施的投资,同时提升多模式解决方案的竞争力和可用性。可以提供奖励优惠,刺激落实已经处于可实施状态的脱碳解决方案和车队更新。可以推动监管改革,许多情况下这些改革都不会对纳税人产生直接的成本。改革措施包括增加大容量车辆的部署,对城市地区进行分区限制以及设定更加严格的燃料经济标准。

疫情导致化石燃料成本下降,影响了清洁技术的竞争力。一些可提升现有内燃机(ICE)车辆效率的改进和附加装置意味着初始成本的增加,但即便如此,仍然是新型清洁技术的初始成本更高。但是,从长期来看,清洁解决方案可以降低运营成本,从而减少总所有权成本(TOCs)。清洁技术效率更高,可以减少燃料的消耗及降低相关成本,而且有些情况下它们使用的能源更加便宜,维护要求也更低(如电动发动机)。随着化石燃料成本的降低,清洁技术的商业盈亏平衡期延长,如果不对监管和激励措施作出改变,清洁技术的推广会受到阻碍。

面对不确定性、需求增长的放缓和高债务,许多公司将取消或推迟投资(OECD,2020<sup>[48]</sup>)。这将减缓车队的更新和新基础设施的部署,包括替代能源的分配。因此,除非公共政策抵消这一趋势(如通过将脱碳承诺作为获得政府援助的条件等方式),否则脱碳进程将放缓。过分强调就业和经济的短期困境,可能会使脱碳在政策议程上的优先级进一步下降,从而推迟实施。能够同时解决就业、经济增长、公平和脱碳问题的“重塑得更好”政策面临着若干挑战,其中包括快速刺激经济发展的迫切性,因为快速刺激经济发展会导致只重视单纯增加收入和支持发展现有的不利于脱碳的产业。

电子商务和网上零售的兴起可能也会增加货运排放。电子商务和配送上门活动的增加导致城市地区拥堵加剧,产生了更多的“跑空车”,降低了运输能力的使用效率,产生了更多的排放。送货时间短和免费退货政策可能会加剧这一情况。此外,80%的跨境电子商务是通过航空运输完成的(IATA,2020<sup>[49]</sup>),而它也是目前为止碳密度最高的运输模式。航空货运目前受到严重限制,因为大部分腹舱容量现在都不可用;货物是通过客运航班的飞机腹舱运输的。客运需求的收缩幅度比货运大很多,许多过去能够载运货物的客运航班现在已经被取消或暂停。实际上,货运是航空业日益重要的收入来源。有一些航线已经重新开放,仅供货运使用,客机已经被转为货用(FreightWaves,2020<sup>[50]</sup>)。政策可以引导这些发展趋势。在城市地区,设置收集点、非高峰时段运送、划分零排放区以及奖励低排放或零排放车辆,都有助于减少排放(世界经济论坛,2020<sup>[51]</sup>)。基于距离的收费和碳税可以鼓励运营商更好地利用车辆运输能力,增加多模式解决方案的吸引力(表5-1)。

### 5.3 未来货运的3种情景:恢复情景、重塑情景和再塑情景

本节主要探讨货运部门到2050年之前可能面临的发展路径。下文的预测是根据3种不同的政策情景作出的,这些情景代表着政策制定者在减少货运CO<sub>2</sub>排放和实现运输脱碳方面不断递增的雄心。

3个情景下定义的政策来自2020年初以政策情景研究形式分发给世界各地的政策专家的专家意见和ITF的研究。如《2035年之前实现零碳运输的海运脱碳路径》(ITF,2018<sup>[42]</sup>),《公路货运脱碳趋势、政策及措施》(ITF,2018<sup>[7]</sup>),《加强中亚地区的联通性和货运》(ITF,2019<sup>[52]</sup>),以及ITF在2020年为ITF脱碳倡议项目举办的研讨会,即《模拟国际运输及相关CO<sub>2</sub>减排措施专家研讨会和非城市运输和相关CO<sub>2</sub>措施情景设定研讨会》(ITF,2020<sup>[54]</sup>)。表5-2详细说明了每个情景下设定的措施。

货运情景设定

表5-2

措施/外部因素	描述	恢复情景	重塑情景	再塑情景
经济工具				
距离收费	基于运输距离对公路货运进行收费	2030年开始引入收费,到2050年之前增加到每吨公里1分	2030年开始引入收费,到2050年之前增加到每吨公里2.5分	2025年开始引入收费,到2050年之前增加到每吨公里6分

续上表

措施/外部因素	描述	恢复情景	重塑情景	再塑情景
港口费	根据船舶的环境表现,征收不同的港口费用,例如,没有清洁技术的船只港口费用较高	到 2050 年,港口费用额外增加 1%,船运的碳密度降低 0.5%	到 2050 年,港口费用额外增加 20%,船运碳密度降低 10%	到 2050 年,港口费用额外增加 30%,船运碳密度降低 15%
碳定价	根据碳基燃料产生的排放对燃料收费	各地区碳定价各不相同;2050 年每吨 CO <sub>2</sub> 定价在 150 ~ 250 美元	各地区碳定价各不相同;2050 年每吨 CO <sub>2</sub> 定价在 300 ~ 500 美元	
基础设施改善				
铁路和内陆航道改善	增加跨模式联运方案的吸引力,即涉及铁路或内陆航道的运输	在跨模式货运站进行模式转换的难度减小,铁路和内陆航道的方案特定常数增加。各地区的变化率各不相同,例如,在西欧地区,从 2020 年的 2% 增长到 2050 年的 20%	在跨模式货运站进行模式转换的难度减小,铁路和内陆航道的方案特定常数增加。各地区的变化率各不相同,例如,在西欧地区,从 2020 年的 4% 增长到 2050 年的 40%	在跨模式货运站进行模式转换的难度减小,铁路和内陆航道的方案特定常数增加。各地区的变化率各不相同,例如,在西欧地区,从 2020 年的 10% 增长到 2050 年的 80%
交通网络改进计划	建设并升级新的基础设施,例如,新的公路、轨道或港口扩建	完善交通网络,预计已经规划的基础设施建设和升级(例如,港口能力的提升、中亚地区的交通建设和欧洲的全欧交通网络项目)将于 2020—2050 年间投入运营		
长途重型公路货运车辆的能源转型	一系列解决方案实现长途重型公路车辆零排放,包括电动公路(ERS)、氢燃料电池,或者低碳燃料详见(ITF, 2019 <sup>[1]</sup> )	落实程度非常低,影响微乎其微	到 2050 年重型货车 14% 的吨公里数通过这些系统完成。一开始成本高于传统燃料,但是到 2050 年之前会逐步降低。各地区的应用程度和成本各不相同。	到 2050 年重型货车 37% 的吨公里数通过这些系统完成。一开始成本高于传统燃料,但是到 2050 年之前会逐步降低。各地区的应用程度和成本各不相同。
运营管理				
资产共享和物联网	资产共享(例如车辆或仓库)可以提高物流活动的资源管理效率	公路货运平均荷载率的增长从 2020 年之前的不足 1% 增加到 2050 年的 2%	公路货运平均荷载率的增长从 2020 年之前的 4% 增加到 2050 年的 10%	公路货运平均荷载率的增长从 2020 年的不足 4% 增加到 2050 年的 20%。2020—2030 年间增幅加速
监管工具				
降低海运和货车运输的速度	降低船只或货车的平均速度,减少排放	公路和海运的降速从 2020 年不足 1%,到 2050 年增加到 10%	公路和海运的降速从 2020 年的 1%,到 2050 年增加到 20%	公路和海运的降速从 2020 年的 1% 以上,到 2050 年增加到 33%
为内燃机(ICE)车辆和燃料设定燃料经济标准	增加 ICE 公路货车的效率	ICE 货车每吨公里的碳密度降幅从 2020 年不足 1% 增加到 2050 年的 10%		ICE 货车每吨公里的碳密度降幅从 2020 年的 2% 增加到 2050 年的 15%
鼓励低排放燃料(包括电动汽车)以及投资分配/供应基础设施	增加商用车中低排放车辆(例如电动汽车、氢燃料汽车、清洁生物燃料汽车、生物天然气汽车)的公里数占比,降低公路货运的平均碳密度	低排放燃料车辆的占比增幅因地区而异,在推广较快的地区(例如西欧地区)增幅在 2025 年之前为 1%,到 2050 年之前为 10%	低排放燃料车辆的占比增幅因地区而异,在推广较快的地区(例如西欧地区)增幅在 2025 年之前为 2.6%,到 2050 年之前为 20%	低排放燃料车辆的占比增幅因地区而异,在推广较快的地区(例如西欧地区)增幅在 2025 年之前为 4%,到 2050 年之前为 30%

续上表

措施/外部因素	描述	恢复情景	重塑情景	再塑情景
高容量汽车 (HCV)	超过国家规定的通用质量和尺寸限制的公路车辆。如果采用 HCVs, 每吨公里的货车荷载率可提高 50%, 成本降低 20%。	到 2050 年, 2% 的非城市公路货运活动由高容量车辆完成	到 2050 年, 5% 的非城市公路货运活动由高容量车辆完成	到 2050 年, 10% 的非城市公路货运活动由高容量车辆完成
模拟创新和进步				
自动驾驶汽车和智能车队	模拟自动驾驶货车(智能车队和完全自动化)在公路货运中的应用。新技术的应用降低了公路货运的成本和 CO <sub>2</sub> 排放, 此外, 它可以增加需求并扭转模式转变	各运输部门(城市和非城市)和世界不同地区的应用程度各不相同。本情景下应用程度非常低	到 2050 年之前某些地区非城市运输的应用率高达 45% (欧洲、北美地区, 中国、日本和韩国)。城市货运的应用率较低。碳密度下降 14%, 成本减少 45%	到 2050 年之前某些地区非城市运输的应用率高达 90% (欧洲、北美地区、中国、日本和韩国)。城市货运的应用率较低。碳密度下降 14%, 成本减少 45%
电动汽车/替代燃料汽车渗透率和所有运输模式效率的提高	电动汽车/替代燃料汽车渗透率和所有运输模式效率的提高(包括平均荷载率和车辆容量)	遵循 IEA 的 STEPS 情景	遵循 IEA 的 SDS 情景	
智能交通系统 (ITS) 和环保驾驶	建立 ITS, 自动化收集和实时数据, 从而提升车辆管理, 优化路线并协助驾驶	各地区落实程度各不相同, 在部署速度更快的地区(例如西地区), 2020 年碳密度下降 4%, 2050 年降幅接近于零。	各地区落实程度各不相同, 在部署速度更快的地区(例如西欧地区), 2020 年碳密度下降 10%, 2050 年下降 1%	各地区落实程度各不相同, 在部署速度更快的地区(例如西欧地区), 2020 年碳密度下降 15%, 2050 年降幅接近 2%
外部因素				
3D 打印	使制造更靠近消费点, 导致若干商品的长途贸易量低于预估水平	对贸易的影响微乎其微	到 2050 年, 国际贸易缩减 10%。不同商品的缩减程度不同, 电子产品和制成品的跌幅较大	
能源脱碳	随着全社会都在推进脱碳, 石油和煤炭的贸易和消耗下降, 直接影响化石燃料的运输需求	石油和煤炭的增幅低于其它商品(遵循环境链接模型 ENV - OECD), (Chateau 等, 2014)	煤炭每年下降 3.35%, 石油下降 2.1%。到 2050 年, 相较于 2020 年的预计, 煤炭贸易减少 65%, 石油减少近 50%	煤炭每年下降 10%, 石油下降 2.1%。到 2050 年, 相较于 2020 年的预计, 煤炭贸易减少 96%, 几乎在全球范围内被淘汰, 石油减少近 50%
贸易区域化	区域内或贸易区块内的贸易交流不断增加, 地区之间的长途运输不断减少	与基准, 相比, 没有额外费用		跨区域贸易增加 5% 的惩罚费用
电子商务	模拟电子商务和配送到家的增长带来的影响。预计货物需求将随着时间超过早期的预计量	到 2050 年, 将为城市货运需求带来 5% 的增长, 对非城市货运的影响比较小。		

注: 1. 措施“长途重型公路货运车辆的能源转型”、“鼓励低排放燃料(包括电动车辆)以及投资配送/供应基础设施”以及“电动汽车/替代燃料汽车渗透率”之间有重合的领域。但是它们在世界各地区对不同类型车辆的应用情况不同, 在每个情景下的应用率对应这 3 种措施在每个地区对每种类型车辆/运营应用的最高值。

2. 表中阴影表示该政策在再塑情景下的落实力度更强。

3 个情景都包含相同的经济基准设定, 以反应新冠肺炎疫情造成的影响: GDP 和贸易预测与疫情前水平相比, 延后了 5 年。

发展结果以 ITF 货运模型为基础,模拟了从基准年 2015 年到(2050 年)货运活动的发展、货运模式占比和 CO<sub>2</sub> 排放。恢复情景下,每种运输模式的基本平均碳密度遵循 IEA 的既定政策情景(STEPS),而在重塑和再塑情景下,遵循可持续发展情景(SDS)的设定。案例框 5.4 具体介绍了 ITF 的货运模型以及与之前版本的差异。

### 案例框 5.4 国际运输论坛货运模型的改进

ITF 货运模型评估世界所有地区的所有货运活动。该模型预估 27 种商品通过所有主要交通模式完成的货运活动(城市活动、国内非城市活动以及国际活动),主要的交通模式包括海运、公路、铁路,航空以及内陆水运。主要的交通网络包含 8437 个商品消费和生产中心。其中,有 1134 个中心是国际贸易流的出发地和目的地(ODs),7303 个中心是国内贸易流的 ODs。这个网络中有 156737 条连接,每一条连接都由若干属性进行定义,包括长度、运输能力、运输时间(包括跨境时间)以及运输成本(以每吨公里计)。该网络还有 102404 个节点,包括 2810 个港口、3118 个机场以及 7441 个跨模式物流平台。该模型评估 2015—2050 年货运的吨公里数、模式占比、车公里数、能源消耗以及 CO<sub>2</sub> 排放。当前的版本还模拟了 18 项政策措施和技术发展的影响,模型中 19 个地区市场都有各自的设定。货运需求增长的主要动力是 GDP 和贸易,但也考虑了其他因素,特别是针对国内货运。方法论文献(ITF,2020<sup>[12]</sup>)解释了 ITF 货运模型中这两个关键因素及其他因素如何影响运输活动。该模型由 ITF 研发,并首次于 2015 年提出,模型经过了不断的更新和改进。模型的新特征详见表 5-3。

研究人员对模型进行了调整,以反应 2020 年新冠肺炎疫情导致的需求下降和随后几年的复苏情况。货运部门和贸易活动中观察到的数据,例如,(WTO,2020<sup>[31]</sup>),(UNCTAD,2020<sup>[18]</sup>),作为基准来校准不同商品和地区预期的降幅。货运需求的发展遵循 IMF 预测的贸易活动和经济活动在疫情后的复苏轨迹(2020<sup>[16]</sup>)。ITF 将全球贸易活动的发展相较于 2020 年之前的预测水平推后了 5 年,以此来反应 IMF 的经济复苏轨道。若干与 2019 冠状病毒相关的潜在后续影响也被设定为发展趋势。

货运模型更新总结

表 5-3

项目	2019 年版本	2021 年版本
空间解析(中心)	国际:404 个中心 国内:7303 个中心	国际:1134 个中心 国内:7303 个中心 整个分层结构中拥有 493 个区域枢纽
国内货运模式	公路、铁路和内陆河道	公路、铁路、内陆河道、航空和沿海航运
跨模式网络和基础设施计划	连接:156102 节点:101701 沿海地区计划扩展港口 备用海运路线(北极航线) 中亚计划进行一些基础设施建设	连接:156737 节点:102404 基础设施与之前一样,只是加上了更多的网络细节和一些地区基础设施计划的合并(如欧洲的全欧交通网络,中亚和东北亚)
网络属性	运输时间、跨境时间、成本和能力	增了之前属性的清晰度,主要是在区分能源成本或额外收费方面(距离收费或碳税)
网络分配	均衡分配,每次迭代都有海上航线的路线选择模式,其他模式则选择最短路线	和以前的分配一样,航空货运也有路线选择模式
环境性能	基于 IEA 流动性模型的油箱到车轮平均车辆 CO <sub>2</sub> 排放(IEA,2020 <sup>[55]</sup> )	包含基于 IEA 流动性模型的油箱到车轮和油井到油箱 CO <sub>2</sub> 排放(IEA,2020 <sup>[55]</sup> )
货运性能追踪(出口/进口)	未包括	将货运活动和对外部造成的影响与产生源(出口方/进口方)联系起来

### 5.3.1 货运的恢复情景

恢复情景下,对货运部门未来几十年发展起到决定作用的政策、投资优先项和技术,仍然遵循疫情前的轨道。政府主要关注并加强固有的经济活动来推动复苏。最主要的目标就是恢复到疫情前的“常态”。恢复情景是《ITF 交通运输展望 2019》中当前雄心情景的升级版,引入了基于距离的收费和碳税。这些措施增加了运输成本,提高了效率,并推动转向更加清洁的技术。

基础设施的改善增加了运输能力和模式选择,同时降低了运输成本和时间。其中包括欧盟计划的全欧交通网络的全面部署。

建立了低碳公路货运的基础设施和激励机制,为碳密集型长途公路货运的能源转型奠定了基础。货运站和运营的改善增加了包括铁路和内陆河道在内的跨模式联运解决方案的吸引力。资产共享等运营上的改变,增加了平均荷载率。

为了降低货运的碳密度,推出了一系列监管政策,例如,制定燃料经济标准,鼓励使用低能量燃料和重型运输车辆,调低速度上限。智能运输系统(ITS)和环保驾驶方面的创新,特别是针对公路货运的创新,可降低成本并提高效率。

### 5.3.2 货运的重塑情景:货运模式的改变

在重塑情景下,和在恢复情景下一样,新冠肺炎疫情对货运的影响将在 2030 年之前逐渐消退。重塑情景的不同之处在于,政策制定者设定了雄心勃勃的气候目标,并为此落实严格的政策。这些更具雄心的政策是在全世界范围内落实,而不仅是区域范围内。重塑情景是《ITF 交通运输展望 2019》中更高雄心情景的加强版。

重塑情景下,长途公路货车加快了向低碳能源的转型,充电和燃料填充基础设施的普及范围更广。

自动公路货运开始发挥作用,提高了货运部门的效率并降低了成本。总体而言,技术和燃料效率标准取得了更加大胆的进展。恢复情景下,这些进展遵循 IEA 的既定政策情景设定(IEA, 2020<sup>[56]</sup>);重塑情景则是以 IEA 更加积极的可持续发展情景为基础。

所有情景都同样设定了交通网络改善计划(如全欧交通网络以及中亚地区的交通建设)。

化石燃料消耗等运输部门以外的重要因素会影响货运脱碳。石油和煤炭的消耗,在恢复情景下基本保持不变,在重塑情景下则有下降。鉴于化石能源占国际货运吨公里总数的近 1/3,所以能源需求的下降将改变运输总量和运输模式。3D 打印等新型制造技术将在一定程度上影响一些制成品的贸易,从而影响货运需求。

### 5.3.3 货运的再塑情景:重塑升级

再塑情景设定的政策巩固了疫情期间出现的积极的脱碳趋势,使之成为永久性变化。和在其他两个情景下一样,新冠肺炎疫情对货运的消极影响将在 2030 年之前被克服。例如,尽管电子商务很有可能进一步扩展,但再塑情景设定的政策可以减缓消极影响。和在重塑情景下一样,政府设定了雄心勃勃的脱碳目标,并为此落实相应的政策。此外,政府还抓住了疫情期间出现的脱碳机遇。通过协调经济刺激和气候及公平目标,利用经济复苏推动环境和社会可持续发展。

贸易的全球属性减弱,区域性增加。对运输韧性的日益重视刺激了近岸贸易的发展。供应链缩短意味着运输距离更短,跨地区商品流动取代距离更长的洲际运输,减少了以吨公里计的运输量。

再塑情景下的其他政策和措施也比重塑情景下更加积极。这些措施产生了一系列效应,包括改变了需求量、成本、运输时间、平均荷载率、碳密度,对某种运输模式吸引力的认知以及运输网络本身。运输网络本身也会影响模式可用性、能力、运输时间和成本。这些动态发展一起影响运输活动、路线以及模式选择,并最终影响货运排放。

## 5.4 货运需求:增幅明显,但速度缓慢

货运需求的增长速度将大幅低于之前的预测。2015—2050 年间复合年增长率从 ITF 之前的基准预测水平 3.4% (ITF, 2019<sup>[1]</sup>) 下调至恢复情景下的 2.7%。在 ITF 的模拟中,2020 年货运活动比 2019 年减少 4%。同时,在重塑情景下,由于 3D 打印在一定范围内的普及以及对化石燃料的加速替代,进一步将货运活动的增幅降低至每年 2.4%。在再塑情景下,由于对化石燃料的替代速度更快、贸易区域化的发展,以及 3D 打印的应用,将年度增长率进一步降低至 2.1%。

化石燃料消耗的减少将对贸易流产生重大影响。2015 年,化石燃料的运输量占国际货运总量的 29%。到 2050 年,在恢复情景下,这一比例将下降至 17%,而在重塑和再塑情景下,将下降至 8% (图 5-5)。但是就化石燃料的绝对运输数量而言,在恢复情景下,数量是增长的,而在重塑情景下,数量将下降,在再塑情景下,数量将进一步下降。欧洲非常依赖从其他地区进口的化石燃料,到 2050 年,相关的进口活动在重塑情景下将比 2015 年水平减少 51%,在再塑情景下将减少 53%。同时,那些严重依赖化石燃料出口的地区也将经历相关货运活动的下降。2015—2050 年间,转型国家的化石燃料出口在重塑情景下将减少 21%,而在再塑情景下将减少 26%。MENA 地区也是相似的发展模式,同一时期,重塑情景下化石燃料出口减少 27%,再塑情景下减少 32%。另一方面,EEA 和土耳其地区以及美国和加拿大地区,在所有情景下都将迎来出口活动的增加。一般在再塑情景下,出口活动都比较缓和,但是欧洲的出口活动在再塑情景下增幅更高。

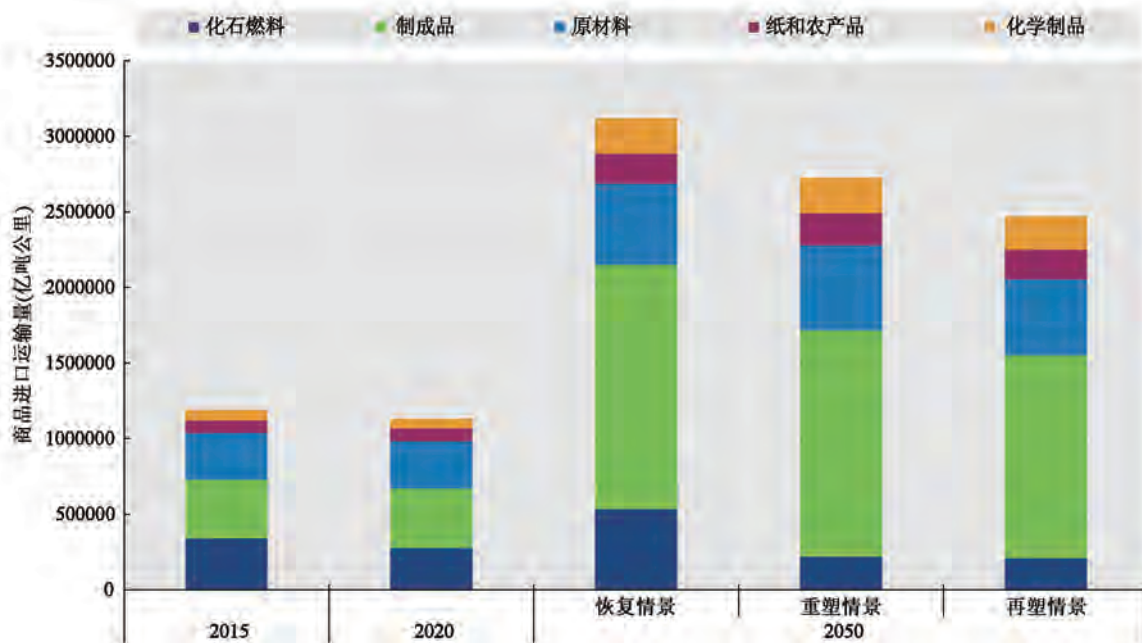


图 5-5 到 2050 年不同类型商品的进口运输

注:本图代表 ITF 模拟的预测。恢复情景、重塑情景和再塑情景是模拟的 3 种情景,代表疫情后运输脱碳政策逐渐递增的雄心。

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934239059>

贸易活动由一系列常常相互对立的力量所决定。超出运输政策制定者能力范畴的宏观经济力量对贸易量会产生强大的决定性影响,但对运输成本的反应比较温和。碳税和工资上涨会增加成本,但效率的提升、基础设施的改善以及清洁技术的应用可以降低成本。重塑情景下 2050 年的贸易活动总体低于恢复情景在 2050 年的水平。欧洲出口活动是例外,主要受益于该地区较早地采用了低碳技术。再塑情景下,贸易区域化的发展以及 3D 打印的应用,进一步降低了贸易活动的增长率。

OECD 国家与出口相关的运输活动将增加,但不同政策对每个地区的影响不同。美国和加拿大在所有情景下,都是出口运输增长最强劲的地区。OECD 太平洋地区的出口运输也将增加,但在重塑和再

塑情景下的发展速度比恢复情景下要低。EEA 和土耳其由于地处中心,且清洁技术的推广速度较快,所以在再塑情景下出口运输活动的增幅更大。转型国家和 MENA 地区的出口活动,在恢复情景下增幅匀缓,在其他情景下,出口量将低于 2015 年水平(图 5-6)。

在所有情景下,都是拉丁美洲、亚洲以及撒哈拉沙漠以南的非洲地区中那些快速发展的国家,进口运输活动的增长速度最快。但是,更具雄心的脱碳政策可以减缓增速,到 2050 年,LAC 在重塑情景下的进口运输活动将比恢复情景下减少 20%,再塑情景下将减少 28%。由于对化石燃料的依赖度减少,以及经济增速放缓,OECD 太平洋地区、美国和加拿大,以及 EEA 和土耳其的进口活动增长速度最慢。例如,在再塑情景下,2050 年进口至 OECD 太平洋地区的运输活动仅比 2015 年增长 7%。



图 5-6 2050 年世界各地的进口和出口运输活动

注:本图代表 ITF 模拟的预测。恢复情景、重塑情景和再塑情景是模拟的 3 种情景,代表疫情后运输脱碳政策不断递增的雄心。

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934239078>

非 OECD 国家的货运占比将增加,2015 年 63% 的地面运输和国内空运及海运集中在非 OECD 国家,到 2050 年将增加到 69%。SSA 的地面货运基准水平最低,但增长最快。亚洲货运活动的占比将增加,而转型国家将下降。

就地面运输和国内水运及空运而言,亚洲的货运活动是目前为止最多的。因此,亚洲也有能力为新兴低碳货运技术和系统实现规模经济提供支持。按人均计算,亚洲的运输活动几乎是转型国家的 2 倍,是美国和加拿大的 3 倍。到 2050 年,所有地区的地面运输和国内水运、空运都将增加,但是重塑和再塑情景下增幅较小。再塑情景下的贸易活动一般比重塑情景下更缓和,但由于 LAC 在再塑情景下转向更广的区域贸易活动,所以活动量反而小幅增加(图 5-7)。

海运将继续成为主要的货运模式。海运的运输能力高,可以较低的成本和相对较低的碳密度通往全球不同的市场,在所有情景下,70% 以上的吨公里数都是由海运完成的(图 5-8)。在距离较长的进出口运输活动中,海运模式更常见,模式占比达到 90% 以上。在再塑情景下,由于贸易区域化以及气候措施对长途贸易流的影响,海运模式占比相对更低。2050 年再塑情景下的货运总量比恢复情景低 18%,在海运方面的差异为 20%。

在地面运输模式中,预计铁路运输在非城市货运活动中的占比将增加。铁路的碳密度低于公路货运模式,在更具雄心的脱碳政策下,尽管当前铁路运输的主要商品——化石燃料的运输占比不断下降,但铁路在运输活动中的占比增长更快。2015 年铁路占非城市货运活动的 30%,到 2050 年,在恢复情景下,占比将增加到 34%,而在重塑和再塑情景下,将增加到 36%。但即便铁路运输有如此的增幅,公路



货运在3种情景下都将继续成为未来主要的地面运输模式。以吨公里数计,航空货运的占比也将增加,但不会超过1%。

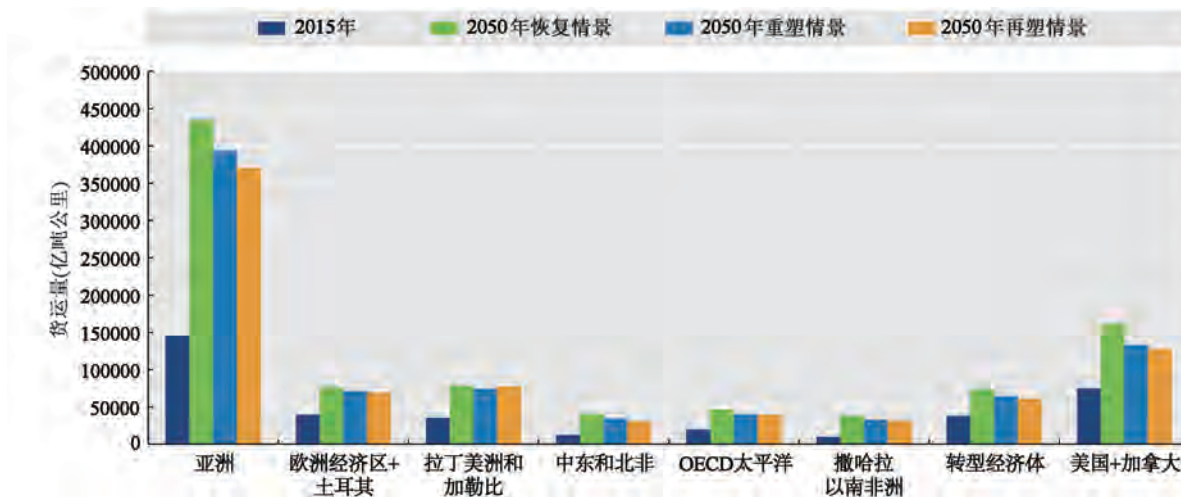


图 5-7 到 2050 年世界各地的货运活动

注:本图代表 ITF 模拟的预测。恢复、重塑和再塑是模拟的 3 种情景,代表疫情后运输脱碳政策不断递增的雄心。

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934239097>

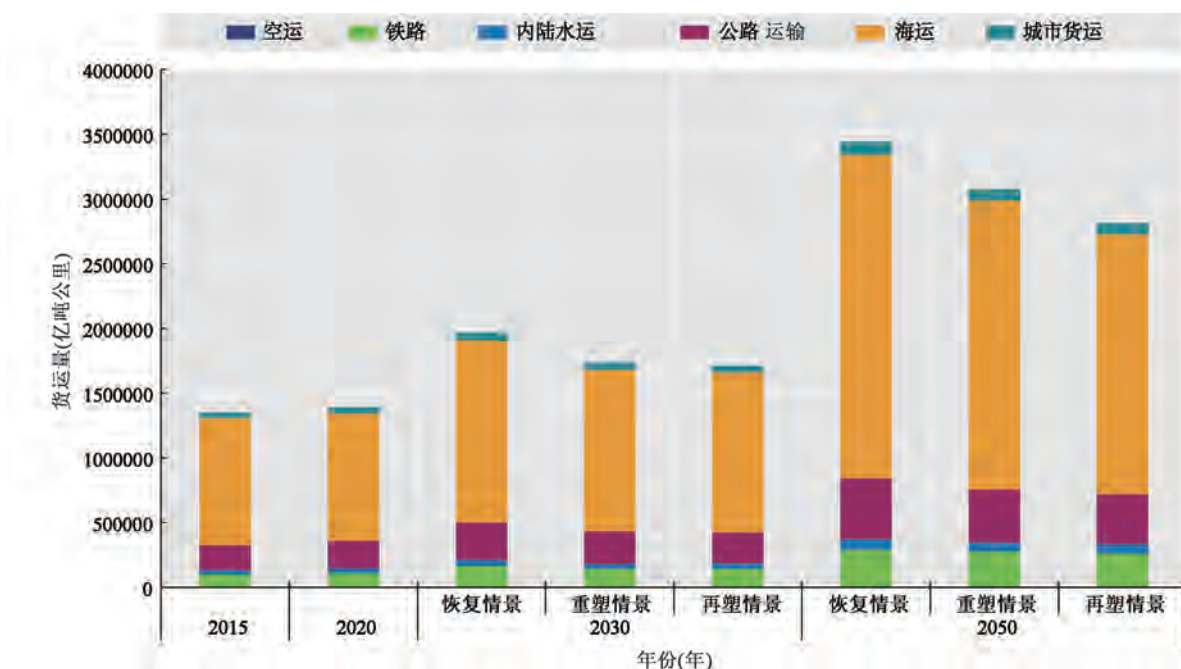


图 5-8 到 2050 年不同运输模式的货运活动

注:本图代表 ITF 的模拟。恢复情景、重塑情景和再塑情景是模拟的 3 种情景,代表疫情后运输脱碳政策不断递增的雄心。空运在总需求中的占比不到 1%。城市货运特指城市地区中的公路货运。

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934239116>

电子商务刺激了城市货运的增加,疫情更是加剧了这一趋势。以吨公里数看,城市货运的增加可能比较温和,但电子商务往往增加的是车辆的运输,而车辆运输与碳排放、拥堵或其他外部影响的联系更加直接。这些副作用非常明显,影响重大,因此所有政策情景都设定政府将采取一系列措施(如碳税、距离收费、分区限制、专用提货点等)来更好地管理包裹运送。预计城市货运的增长速度要快于非城市货车运输的增长速度,但可以通过更具雄心的政策加以缓和。

一些铁路走廊增加运输量的潜力非常突出。货运流地图反映出了综合图表中不太明显的货运模式和机遇。和图 5-8 所展示的模式占比一样,货运流地图也反映出公路和海上货运网络尤其发达

(图 5-9)。一小部分铁路走廊增加运输量的潜力非常突出,尤其是将亚洲国家经由转型国家连接至欧洲的货运路线以及北美的海岸至海岸路线。位于美国和加拿大、中欧地区、中国和印度的密集且繁忙的公路网络可能成为脱碳措施合作的沃土,例如,重型长途货车向清洁能源的转型或者共享物流资产。少数内陆河道也具有相当大的货运量,例如,美国的密苏里河和密西西比河以及巴西的亚马逊河(图 5-10)。

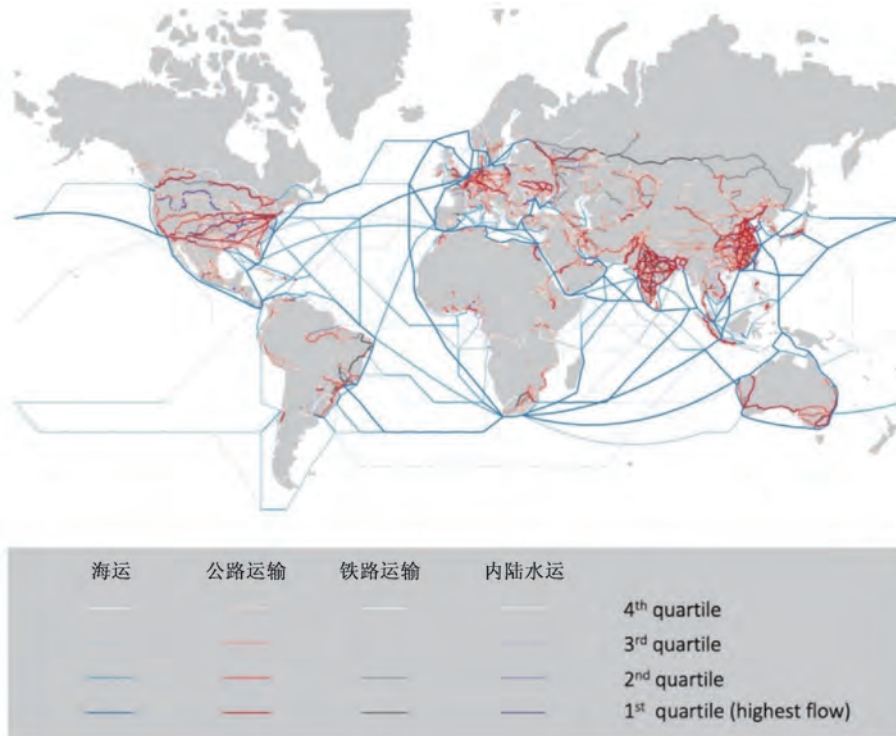


图 5-9 2015 年运输网络中不同运输模式的全球货运流

注:本图代表 ITF 模拟的预测。以货物质量计,本图只描述了前 20% 最积极的路线。四分位以货物质量为基础,不包括航空货运。

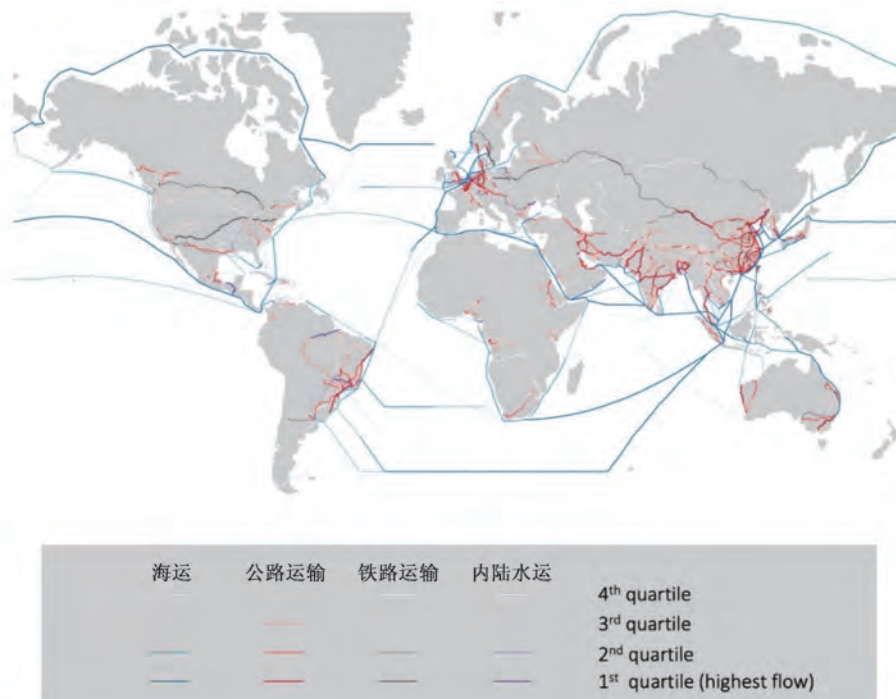


图 5-10 2015—2050 年货运流的变化

注:本图代表 ITF 模拟的预测。以运输货物的质量计,只描述了前 10% 最活跃的路线。第一四分位包括货流量增幅最高的路线。四分位代表重塑情景下 2015 至 2050 年期间运输货物重量的百分比变化,不包括航空货运。

当下的政策将决定 2050 年货运流的分配、路线和模式占比。在所有情景下,快速发展的国家都将进一步建设它们的公路货运网络,全球变暖将在北冰洋开辟新的海上航线。重塑情景下更具雄心的政策将推动欧洲和东亚国家之间的货物流动,因为可以利用现有的和正在建设的铁路走廊。同样地,再塑情景下贸易区域化的发展将扩大美国和加拿大地区与邻近 LAC 地区之间的货物流动。

### 案例框 5.5 未来的海上贸易流

经济发展和人口增长将继续推动未来海上贸易需求的发展。ITF(2020<sup>[57]</sup>)的报告《未来海运贸易流》显示,向非化石燃料的过渡和贸易区域化可能会对海上贸易产生重大的影响。

随着货运脱碳监管的落实,海运成本将增加。但成本的增幅相对于贸易商品总量而言比较小,所以对全球贸易的影响可能微乎其微。来往于欠发达国家的贸易路线在服务落后的运输链终端可能会受到重大影响,但受影响国家可以因为贸易受到的不利影响而得到补偿。

船只尺寸和行业集中度的增加,以及班轮运输的其他发展,通过减少停泊到次级港口的数量,改变了海上贸易模式。次级港口边缘化的趋势可能已经结束,因为较大型船只的运行已经步入轨道。

中国的一带一路倡议(BRI)全面落实后,可能会对海上贸易流产生重大影响。与侧重于铁路和管道连接的陆上投资相比,一带一路倡议的海上部分影响整体贸易的潜力更大。投资连接中国和世界其他地区的港口,可以降低海上贸易的成本,从而降低贸易成本,增加进出口。

模拟预测显示,即使是在极端气候变化情景下,北方海路的全球贸易占比到下个世纪都相当小,不到5%。虽然存在不确定性,但在北冰洋建设相关基础设施的意愿依然存在。如果北极中部通道成为可行路线,可能会引发海上贸易流格局的重大变化。

## 5.5 货运产生的 CO<sub>2</sub> 排放:排放增长出现拐点

重塑和再塑情景下货运排放急剧下降,为运输部门的实现气候目标开辟了道路。在恢复情景下,到 2050 年货运排放将增加,但在重塑情景下,排放量将比 2015 年减少 64%,而在再塑情景下,将减少 72%。转向碳密度较低的铁路运输的程度不高,因此对减排的贡献也比较小。大部分的脱碳是得益于低碳技术在所有运输模式中的广泛应用。到 2050 年,在重塑和再塑情景下,由于落实了更具雄心的措施,货运的总体碳密度将分别比恢复情景下减少 84% 和 86%。此外,相较于恢复情景,重塑和再塑情景下的货运活动也分别减少了 10% 和 18%。重塑和再塑情景下的措施大幅减少了货车运输产生的排放,但实际上这种运输模式的脱碳是非常困难的。

由于城市运送骤增,2020 年货运排放的降幅小于货运活动的降幅。受疫情影响,全球运输量在 2020 年比 2019 年减少 4%,但排放仅下降 1%(图 5-8 和图 5-11)。其主要原因是随着电子商务和配送到家服务的增加,2019—2020 年城市货运活动增加了 7%。城市货运是航空货运之外碳密度最高的运输模式(见图 5-12)。

在重塑和再塑情景下,由于所有运输模式的碳密度明显下降以及货运需求增幅放缓,货运排放大幅减少。针对不同脱碳机遇采取的措施组合,可以显著降低公路货运的碳密度。建设基础设施以支持长途货运的能源转型,鼓励使用低排放燃料,可以推动公路运输部门转向清洁能源。燃料经济标准、ITS 解决方案、自动驾驶车辆和更低的速度上限都有助于提高能源效率。资产共享和高容量车辆可以提高平均荷载,进而提高能源效率。碳税可以提高效率并推动转向清洁技术。虽然在 2015—2050 年间,碳

密度大幅下降了78%,但即便在重塑情景下,2050年公路运输仍占货运排放总量的一半以上(56%;如果将城市货运计算在内,则达到72%)。

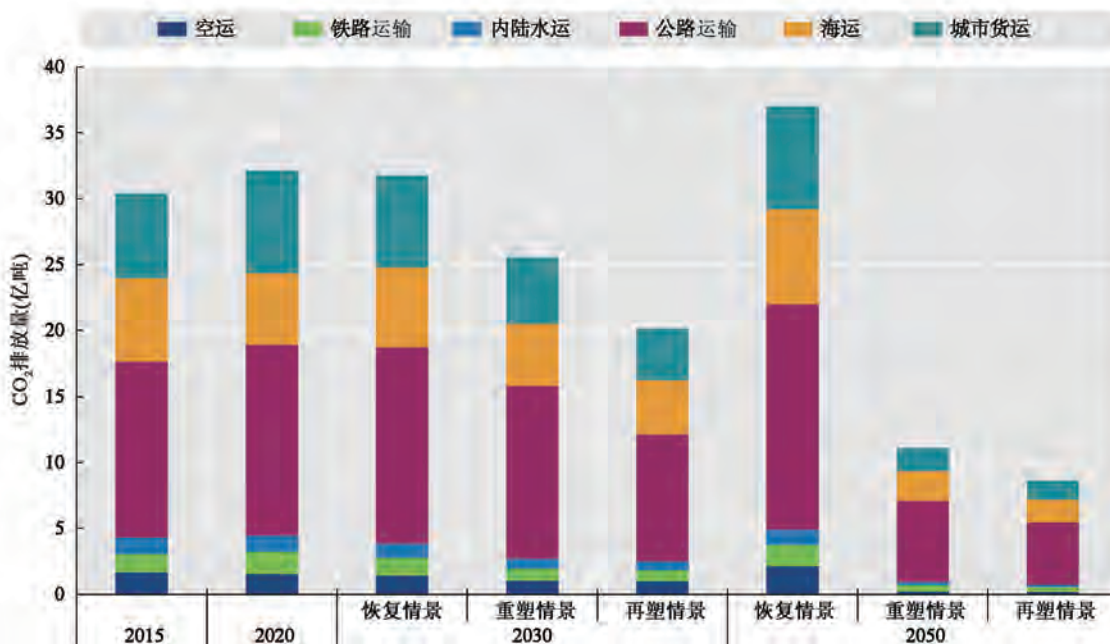


图 5-11 2030—2050 年不同运输模式的货运活动产生的 CO<sub>2</sub> 排放量

注:本图代表 ITF 的模拟预测。恢复情景、重塑情景和再塑情景是模拟的 3 种情景,代表着疫情后运输脱碳政策不断递增的雄心。油箱到车轮/航迹排放是载具使用时产生的排放(例如,车辆燃料燃烧时产生的排放)。油箱到航迹特指船只和飞机。城市货运特指城市地区的公路货运。

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934239135>

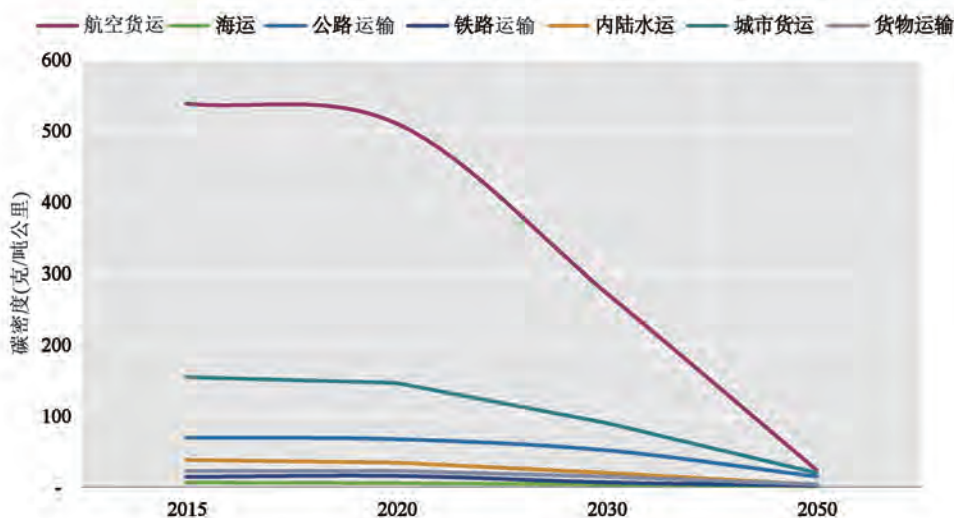


图 5-12 到 2050 年不同货运模式的碳密度

注:本图是根据 ITF 和 IEA 移动性模型(IEA,2020[55])作出的模拟预测。重塑情景是模拟的 3 种情景中的一种。该情景设定疫情后采取雄心勃勃的运输脱碳政策。城市货运特指城市地区的公路货运。货物运输指行业平均水平。

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934239154>

如果大力推进运输网络电气化,并进一步推广氢、电池或清洁生物燃料等其他没有尾气排放的能源,铁路运输可以更接近碳中和,实现油箱到车轮零排放。运营的改善和商业吸引力的提升,再加上新的基础设施,可以增加铁路运输的模式占比。考虑到铁路运输相对较低的平均碳密度,铁路运输的增加

有助于货运排放的整体下降——与其他非城市运输模式不同,铁路拥有已经可用且成熟的低碳解决方案。

在航空领域,随着先进设计的快速引入,燃油效率的提升也会加快步伐。整个行业采用替代燃料解决方案,其中合成航空燃料的数量和价格达到商业应用的范围。政府对研究、创新和供应基础设施的支持是实现这一切的必要条件。

重塑情景下,由于对慢速航行的推广更加积极,港口征费对清洁船舶提供优惠,以及一系列广泛的技术和运营变革,船运的排放系数也大幅下降。有关船运脱碳可用的若干技术选项,以及与它们快速且大范围推广相关的政策作用。更详细的信息可参考(ITF,2018<sup>[8]</sup>)和(ITF,2020<sup>[58]</sup>)。

OECD 国家地面货运排放的降幅大于非 OECD 国家,但就人均排放水平而言,仍然是 OECD 国家更高。非 OECD 经济体的排放占比将从 55% 增长到 69%,但从人均水平来看,2015 年 OECD 国家的人均排放量比非 OECD 国家高 4 倍。由于部署了更具雄心的脱碳政策,OECD 国家的减排速度更快,但是 2050 年人均排放量依然比非 OECD 国家高 3 倍左右。这也突显出发达经济体的碳足迹明显更高,在模拟的 3 种情景下基本上都是如此(图 5-13)。

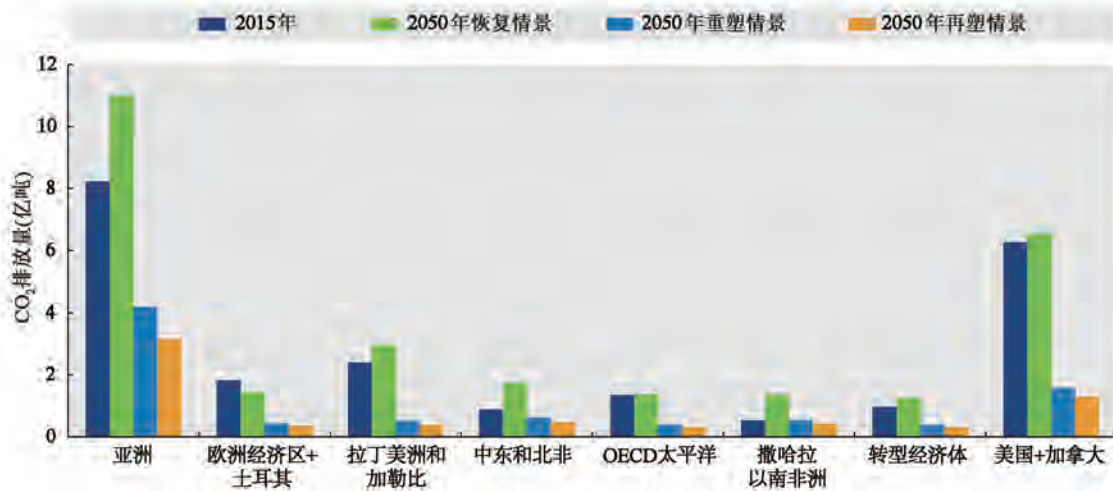


图 5-13 2050 年世界各地地面货运产生的 CO<sub>2</sub> 排放量(油箱到车轮)

注:本图代表 ITF 模拟的预测。恢复情景、重塑情景和再塑情景是模拟的 3 种情景,代表疫情后运输脱碳政策不断递增的雄心。  
StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934239173>

欧洲是唯一一个在当前政策(恢复情境)下 2015 - 2050 年期间地面货运排放将下降的地区。在重塑和再塑情景下,有好几个地区可以实现地面货运的大幅减排。在再塑情景下,减排幅度最大的地区是 LAC,随后是 EEA 和土耳其地区以及美国和加拿大地区,后两者的降幅差不多。情景中设定的脱碳措施对 LAC 地面货运排放的影响最大,LAC 地区的减排在恢复和重塑情景之间形成了鲜明的对比。措施影响最小、情景差异最小的地区是 SSA 和 MENA,这两个地区脱碳措施的部署比较延后,且运输活动的发展速度较快。亚洲也是类似的发展趋势。亚洲运输活动的增长速度也比全球平均水平更快,在这个广阔的地区内,各个国家脱碳措施的落实情况也存在很大差异(图 5-14)。

以吨 - 公里数计,大多数运输活动都来自进出口。进出口通常涉及长途洲际海上运输。但是,大多数排放都是来自地面运输,运输范围往往是在一个国家内。海上运输的碳密度低于公路货运,而公路货运是主要的地面运输模式,这就解释了上述现象出现的原因。欧洲是例外,主要是因为进出口运输相关活动量远高于地面运输。尽管欧洲与世界其他地区也有大量长途贸易,但地区内部的运输距离相对较短。LAC 和 MENA 是唯一在恢复情景下出口相关排放都会下降的地区。它们也是出口运输活动增长最少的地区之一(图 5-15)。

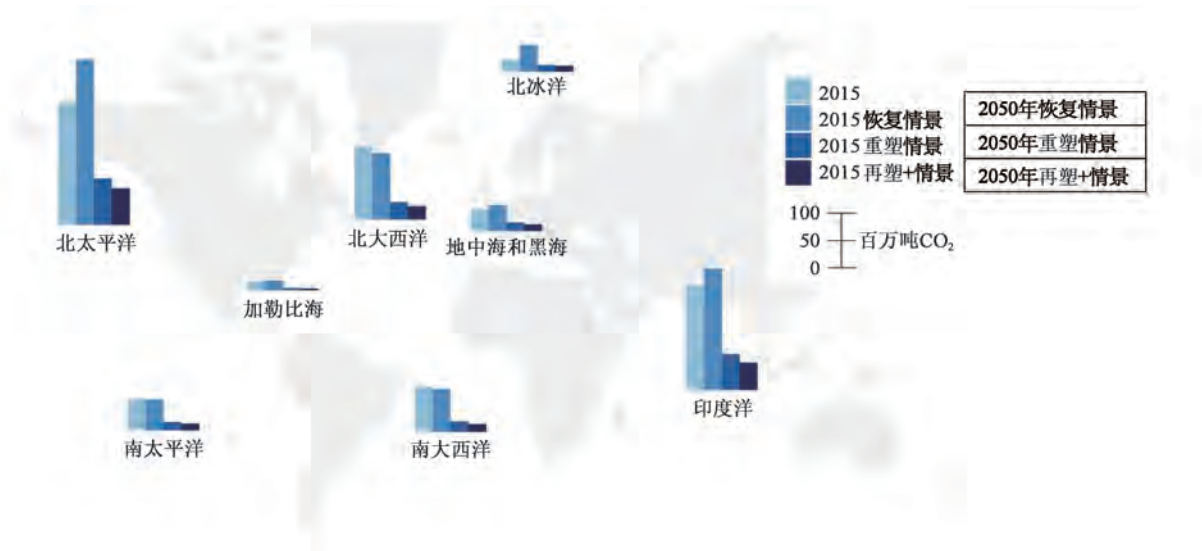


图 5-14 2050 年海上货运产生的 CO<sub>2</sub> 排放

注:本图代表 ITF 的模拟预测。恢复情景、重塑情景和再塑情景是模拟的 3 种情景,代表着疫情后运输脱碳政策不断递增的雄心。油箱到车轮/航迹排放是载具使用时产生的排放(例如,车辆燃料燃烧时产生的排放)。油箱到航迹特指船只和飞机。  
StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934239192>

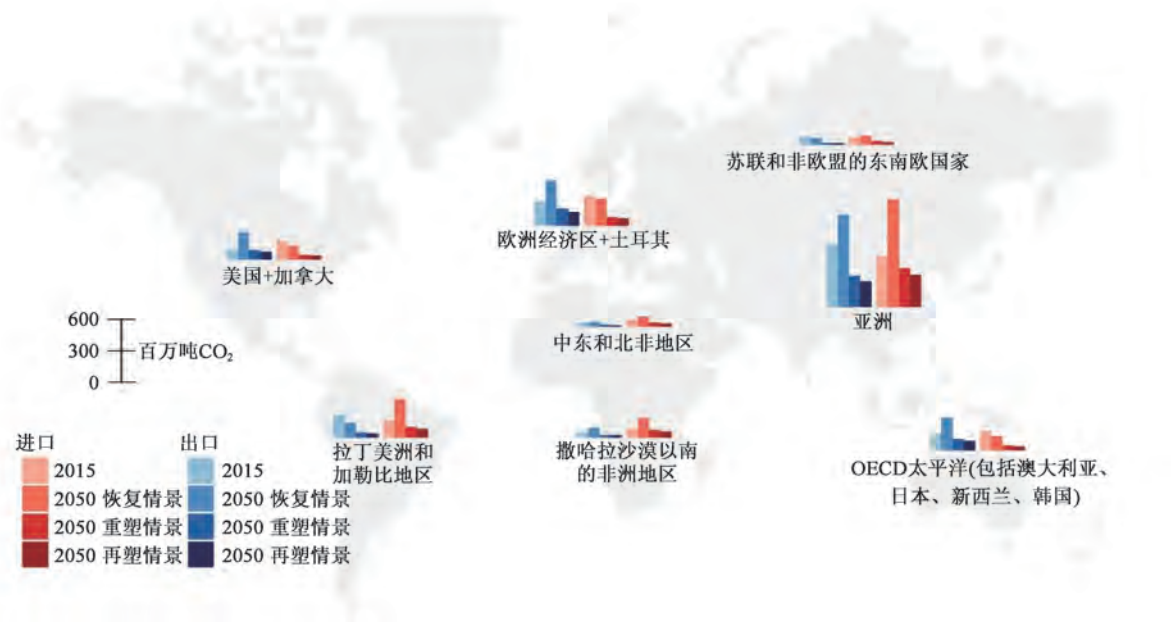
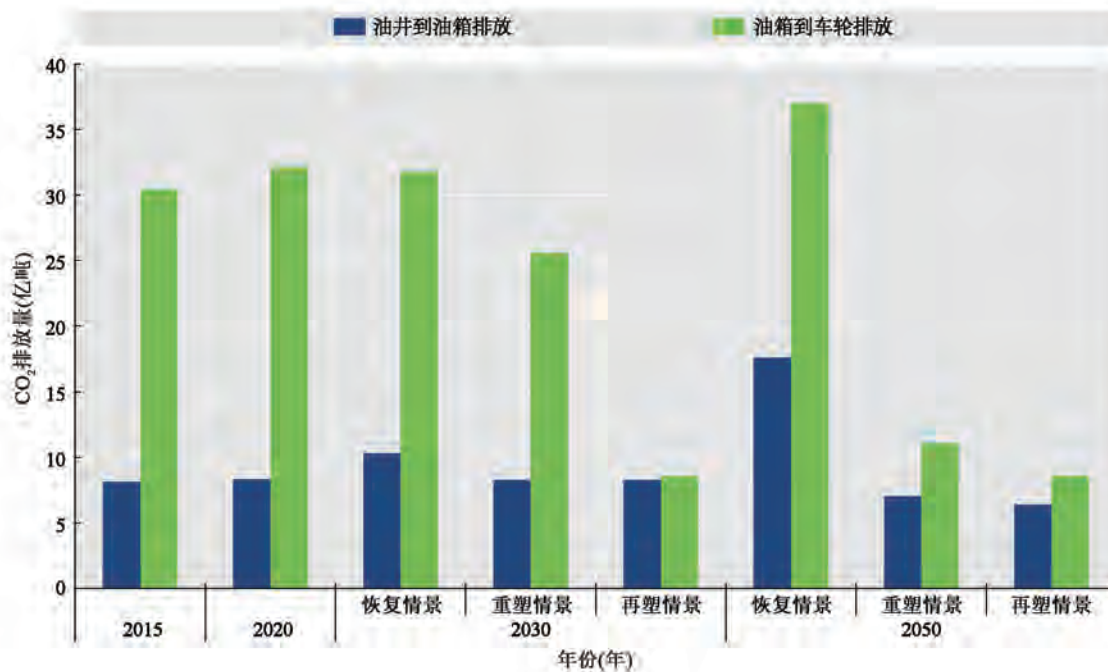


图 5-15 到 2050 年世界各地进出口货运活动产生的 CO<sub>2</sub> 排放

注:本图代表 ITF 的模拟预测。恢复情景、重塑情景和再塑情景是模拟的 3 种情景,代表着疫情后运输脱碳政策不断递增的雄心。油箱到车轮/航迹排放是载具使用时产生的排放(例如,车辆燃料燃烧时产生的排放)。油箱到航迹特指船只和飞机。  
StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934239211>

油井到油箱排放量将会减少,但在货运排放总量中的占比将增加。随着运输系统从化石燃料转向替代能源,一部分尾气排放将直接被转移到其他行业(图 5-16)。到 2050 年,油井到油箱排放在重塑情景将减少 53%,而在再塑情景下将减少 61%,降幅低于尾气排放的下降。因此,在再塑情景下,到 2050 年,油井到油箱排放在油井到车轮排放总量中的占比将从 2015 年的 21% 增加至 43%。


 图 5-16 到 2050 年货运产生的油箱到车轮/航迹与油井到油箱 CO<sub>2</sub> 排放量

注:本图代表 ITF 的模拟预测。恢复情景、重塑情景和再塑情景是模拟的 3 种情景,代表着疫情后运输脱碳政策不断递增的雄心。油箱到车轮/航迹排放是载具使用时产生的排放(如,车辆燃料燃烧时产生的排放)。油井到油箱排放是能源生产过程中产生的排放。因此,电动汽车(EVs)油井到油箱排放包括电力生产过程中产生的排放,而 EVs 的油箱到车轮排放为零。油箱到航迹特指船只和飞机。

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934239230>

## 5.6 货运公平脱碳:避免地区不平衡

货运脱碳背景下的公平问题主要有两个方面。首先,脱碳措施可能对世界不同地区产生不平等的影响。第二,脱碳可能导致货运市场集中化,例如,小型企业因为无法负担昂贵的技术,被少数大型企业所取代。当前,国内货运市场上主要都是小型、通常是家庭运营的企业。同时,海上运输在过去几十年间一直都在朝着集中化发展。疫情危机可能会加剧这种趋势,将集中化扩展至国内市场和海运以外的运输模式。

衡量一下世界不同地区与全球市场的连通性,可以对当前货运及物流基础设施和网络中存在的失衡有一个初步了解。ITF 提出的货运连通性指标主要反映运输网络的质量和密度、跨境的难易度以及与主要消费中心(即 GDP 较高的地区)的邻近程度。指标范围在 0(连通性最低)~1(连通性最高)之间。世界上货运连通性最高的地区是美国和加拿大地区以及 EEA 和土耳其地区(图 5-17)。撒哈拉沙漠以南的非洲地区(SSA)连通性最低。因此,毫不意外,大多数发达经济体同时也是连通性最高的国家,而发展中国家则相对落后。也就是说,OECD 太平洋地区的连通性指数远远高于撒哈拉沙漠以南的非洲地区,这一事实强调的是,虽然与全球市场相距的距离对连通性有一定影响,但基础设施发展和行政管理能力才是重要因素。

出口的平均运输成本在恢复情景下的增幅高于重塑和再塑情景(图 5-18)。到 2050 年,出口的运输成本在恢复情景下将比 2015 年水平增长 9%,在重塑情景下维持在 2015 年的水平,再塑情景下增长 7%。

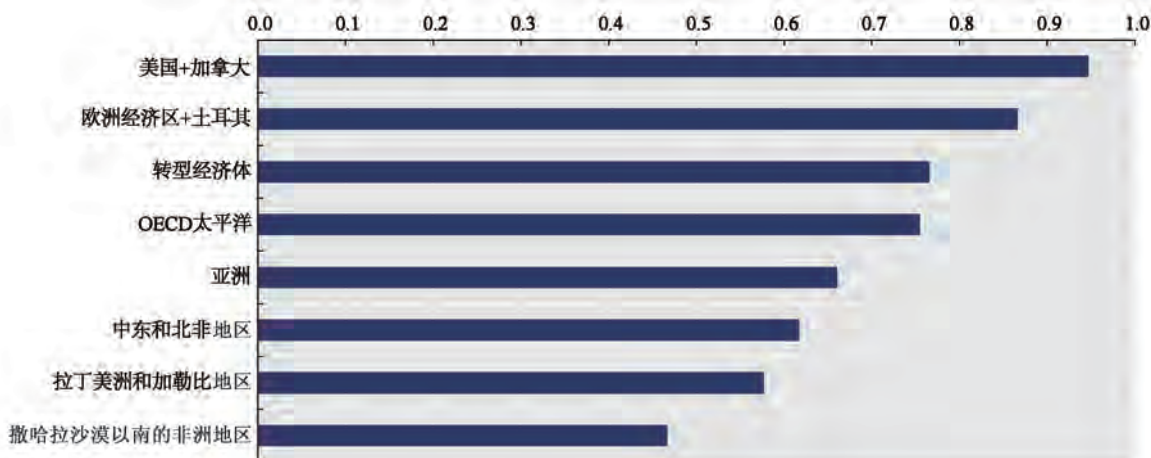


图 5-17 2015 年世界各地的货运连通性

注:本图是 ITF 模拟的估算值。0 = 连通性最低,1 = 连通性最高。

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934239249>

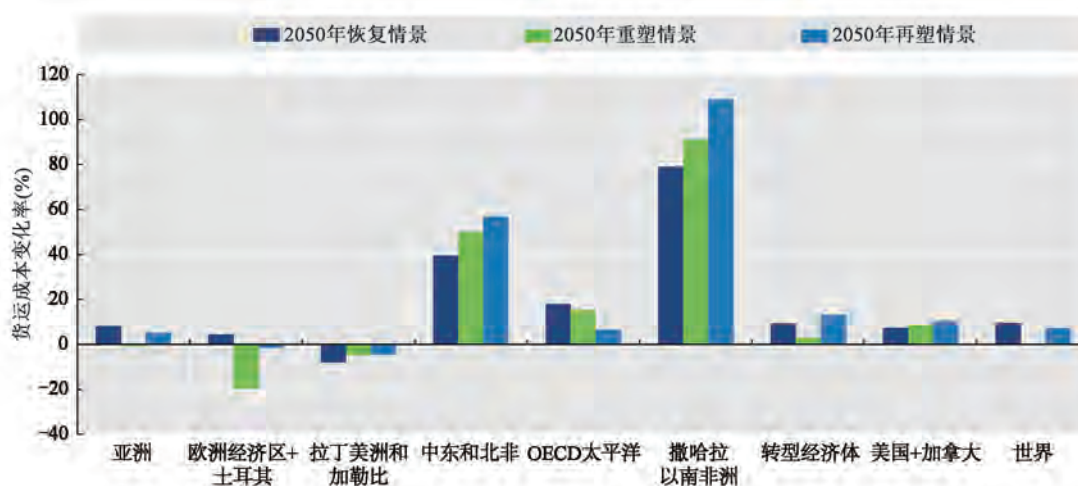


图 5-18 世界各地出口货运成本的变化情况

注:本图代表 ITF 的模拟预测。恢复情景、重塑情景和再塑情景是模拟的 3 种情景,代表着疫情后运输脱碳政策不断递增的雄心。这些结果来自货运模型的模式选择功能,因此代表的是用户或运营商的观点。所以,它们主要反映的是运营成本。作为雄心勃勃的脱碳政策的一部分而部署的新基础设施,无论是为新的运输解决方案还是为替代燃料所部署的,产生的所有相关成本并未反映在上图中。

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934239268>

碳税或距离收费将增加货运成本,但其他脱碳措施可以降低成本。资产共享、更好的跨模式解决方案、高容量车辆以及自动行驶货车都能帮助货运公司降低成本。重塑情景下推广的碳中和燃料,虽然昂贵,但可以通过碳税降低成本。向清洁技术过渡的初始成本很高。但是,从长期来看,这些解决方案比当前的技术和运营实践更高效,运营成本更低。再塑情景下每吨公里的平均成本比重塑情景下更高,因为再塑情景下长途海运活动相对较少,而这又是最便宜的运输模式。

对于地理位置的国家,出口的成本越来越高。对于远离主要消费中心的国家来说,平均出口运输成本越来越昂贵。在落实雄心勃勃的脱碳政策方面比较落后的国家,例如 MENA 和撒哈拉沙漠以南的非洲地区(SSA),情况也是如此。尤其是后者,随着人均 GDP 增长和更多雄心勃勃的脱碳措施在全球范围内落实,出口运输成本将逐渐增加。在落实一些措施时,必须重点关注并公平分配脱碳政策的成本和效益,例如,碳税将增加运输成本,降低航速将增加出行时间。



更加大胆地推进运输脱碳所产生的成本一定不能对欠发达地区产生不公平的负担。一个强有力的公平论点表示,发达经济体的人均运输碳排放远超发展中国家,因此它们需要追求更具雄心的运输脱碳目标。应优先考虑发达国家对发展中经济体的技术转让和投资,防止发展中经济体落后,承担令人望而却步的初始成本。

### 5.6.1 通过正确的政策组合,提升运输系统的韧性,降低碳密度和成本

平均运输成本将随着贸易区域化而增加。在物流领域,供应链的多样化或区域化以及由此产生的库存增长,往往会推高商品成本。更强的韧性意味着供应商、模式和路线选择更多样化。但放松准时制模式也意味着需要保持更大的库存和生产缓冲。因此,需要更多的仓库和存储空间。对韧性的日益重视必然引起某些变化和成本上升,其中一些已经正在进行。

韧性提升后,可以通过放松准时制需求和增加货物整合来降低运输成本,这样可以减少空载运行,提高运输容量的使用度,并促进跨模式解决方案以更低的单位成本运营发展。如果再加上数字化、自动化和流程的简化如单一物流窗口型系统(UN,2020<sup>[59]</sup>),可以进一步抵消推进韧性和脱碳进步所造成的所有成本或时间损失(Sarkis等,2020<sup>[60]</sup>)。更高的透明度和负责任的商业行为可以提高韧性,从而对冲风险(见案例框5.6)。然而,在脱碳和韧性之间,有些取舍是不可避免的。更加高效的车队管理和运输能力使用有利于推进脱碳,但可能妨碍运输系统的韧性和灵活性。例如,缩减货车队伍规模,减少了额外的可用运输能力。

气候变化引发的干扰可能会对经济造成重大损失。与气候变化有关的自然灾害破坏交通的运行,进而影响经济,频率和严重性与日俱增。未来,基础设施和交通运营可能会受到更大的干扰,持续时间更长,并带来更加严重的经济影响。为了管理这类风险,企业需要保留可绑定资本的较大型股。保护供应链和运输基础设施不受极端条件的影响将进一步增加成本,并增加世界某些地区的航运难度。根据一些预测,与全球变暖得到控制的情景相比,在气候变化的情景下,2050年全球GDP将缩减3%(经济学家智库,2020<sup>[35]</sup>)。

货运市场上的小型参与者可能会减少。经济危机、自动化程度的提高、网上零售的发展以及对DT的投资,可能导致市场整合,进一步压缩小型参与者的空间。公路货运行业从以小型家族自营企业为主转变为由少数几家公司主导,将产生严重后果,因为这个行业雇佣了大量人力,还有许多人经营着自己的企业。但是,整合可以加快清洁技术和清洁运营方案(如替代燃料和资产共享)的应用。整合的另一个不利影响可能是减少竞争和增强垄断。这对消费者是有害的。海运领域已经出现整合趋势。

海上运输在过去几十年里变得高度集中。邮轮运输、汽车运输船和集装箱船运尤其如此。此外,集装箱运输公司还受益于通过联盟和船舶共享协议开展的紧密合作。这种合作为联合管理集装箱运输能力创造了可行条件(ITF,2018<sup>[61]</sup>)。在新冠肺炎疫情期间,运输公司集体撤回了大约1/3的运输能力。因此,尽管疫情期间需求下降,集装箱运费却上升了(图5-19)。中国和美国的监管机构就这一情况采取了行动(Waters,2020<sup>[62]</sup>)(Shen,2020<sup>[63]</sup>),而欧盟委员会未采取任何行动。根据欧盟的规定,班轮运输可豁免其他行业适用的竞争规则,但前提是豁免能为班轮客户带来利益(ITF,2019<sup>[64]</sup>)。

船运行业受到道德风险问题的困扰。保障船运运营商在疫情期间获得政府援助,减免税收,使得航运公司将自身的风险转移到公共部门(ITF,2020<sup>[65]</sup>)。新冠肺炎疫情已经突显出了船运公司公共及私营风险的不平衡。众所周知,相对于全球范围内24%的法定税率,船运行业的实际企业所得税税率很低,大约为7%(Merk,2020<sup>[66]</sup>)。如此低的税率,是在避税港设立企业、挂着方便旗运营等避税行为产生的结果,也是船运行业特殊而慷慨的税收制度产生的结果,例如船舶吨位税。船舶吨位税,是指根据船舶的内部体积征税,以此取代企业所得税(ITF,2019<sup>[67]</sup>)。在新冠肺炎疫情期间,在避税港注册的几家航运公司得到了注册地以外的国家提供的流动资金(ITF,2020<sup>[68]</sup>)。

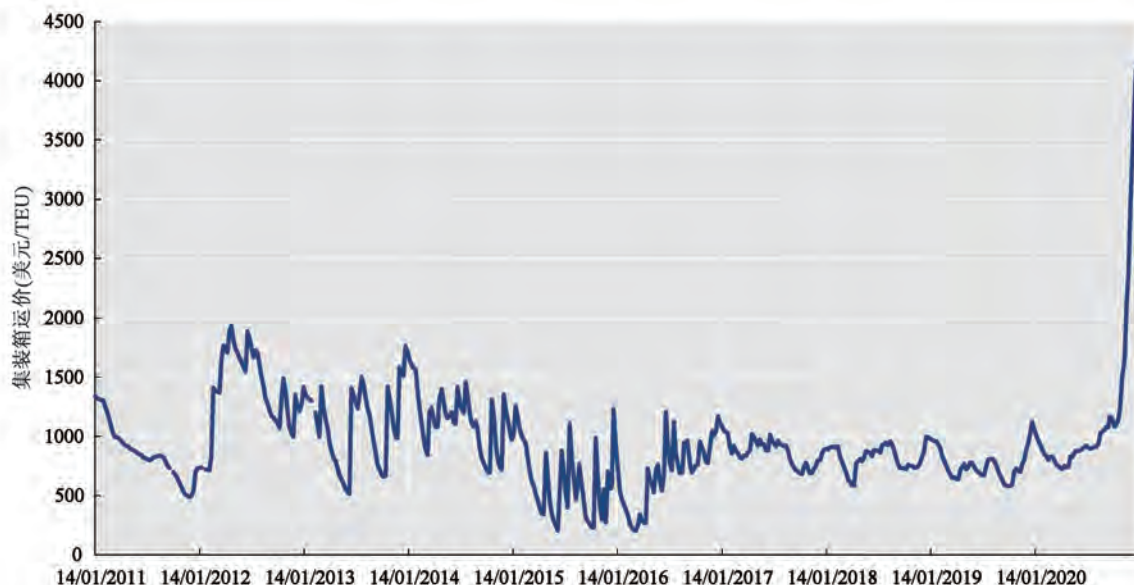


图 5-19 2011—2020 年间的集装箱运价

注:上海集装箱运价指数反映了从上海到世界 13 个地区集装箱运输出口的每周即期汇率。本图反映了从上海到欧洲集装箱运输出口的每周即期汇率。

资料来源:上海航运交易所(2021)。

### 案例框 5.6 通过负责的商业行为,建设供应链的韧性

新冠肺炎疫情暴露了公司运营在灾难应对和供应链连续性及韧性方面的重大弱点。所有供应链都陷入停滞,数百万企业和工人面临经济风险(OECD, 2020<sup>[69]</sup>),包括原本就属于弱势群体的人口,例如移民工作者(IOM, 2020<sup>[70]</sup>)。国际市场上广泛认可的负责任商业行为(RBC)准则和标准可以帮助建设供应链的韧性,不再进一步彻底破坏它们的稳定(如强迫劳工或童工在战略部门的死灰复燃)。证据已经表明,可以通过在公司层面实施更好的风险管理战略,提升风险意识、透明度和灵活性,建设更具韧性的生产网络(OECD, 2020<sup>[71]</sup>)。

交通部门在这方面具有关键作用。作为全球所有供应链的基础结构,交通部门将人们与工作联系起来,将产品运送到全球市场,而且本身就可以提供很多工作岗位。但是,不同的运输模式会产生不同的社会和经济影响。RBC 工具旨在解开这一复杂问题,从整个供应链的角度来看待不同参与者在面对这些影响时的责任,这些影响不完全适合某个特定国家的管辖、某个部门甚或商业关系。例如,最近的研究已经表明,自 1988 年以来,70% 以上的全球温室气体排放一直来自 100 家企业(CPD, 2017<sup>[72]</sup>)。

《OECD 跨国企业指南》(<https://mneguidelines.oecd.org/mneguidelines/>)规定,所有公司,无论其法律地位、规模、所有权或部门,都应该对经营地所在国的经济、环境和社会进步作出积极贡献,并避免并解决经营活动产生的消极影响,其中包括企业的核心商业活动以及供应链和商务关系。该指南就信息披露、人权、环境、就业和劳资关系、贿赂、消费者利益、竞争以及税收提供了若干建议。

OECD 还建议企业了解并表明它们正在通过基于风险的尽职调查解决最重大的环境和社会影响,尽职调查是指企业发现、预防并减缓所有商业运营中的实际和潜在消极影响,并阐明如何随着时间解决这些影响。OECD 与企业、政府、民间社会和工会密切协商制定的《OECD 负责任商业行为尽职调查指南》(<https://www.oecd.org/investment/duediligence-guidance-for-responsible-business-conduct.htm>)为实际操作提供了说明。

## 5.7 政策建议

货运部门的脱碳很难,但是是可以实现的。如果不实现货物的低碳运输,国际社会就无法完成气候目标。采取大胆的政策行动重塑货运部门,可以在2050年之前将CO<sub>2</sub>排放减少72%。如果保持当前的政策,货运排放将增加近1/4,增幅达到22%。

有2个方面需要改变:

(1)需要提升货运脱碳在政策日程上的优先性。货运脱碳不能继续排在客运之后,一直以来,公共机构关注的重点和参与更加积极的领域都是客运脱碳。

(2)政府必须为货运脱碳创造商业论证。货运是一个由利润驱动以私营企业为主的部门。私营企业的认可非常关键,因为它们如果看到新的实践可以带来利益,会很快就采用新的实践。政策必须设定有利于最佳实践的监管框架。

新冠肺炎疫情可以成为加快货运绿色转型的拐点。下文建议的政策将推动我们实现这一目标。

### 5.7.1 制订刺激计划,协调推进经济复苏、货运脱碳和供应链韧性提升

经济复苏项目的公共资助和融资应该优先考虑绿色交通基础设施。投资目标包括运输网络本身,例如,铁路线路的电气化,还包括替代燃料的生产、分配和供应。站点和物流枢纽的数字化和自动化可以提升效率。精简跨境和签证发放程序也是如此。这些措施可以提高效率,减少货运排放,提升供应链的可靠性和韧性。政府需要建立一个统一的经济和监管奖惩框架,协调经济目标与可持续发展目标。可用的政策工具包括碳税、分区限制、强制性燃料要求,以及附带脱碳行动为条件的援助计划。

### 5.7.2 协调定价刺激机制和货运脱碳雄心,争取运输商的认可

如果低碳车辆的成本比传统车辆或燃料更贵,那么几乎不会有运输商愿意投资低碳技术。传统车辆或燃料的价格通常没有反映出它们对外界的消极影响,如温室气体排放,反而各个货运部门还获得慷慨的燃料税豁免。这些因素削弱了更加清洁、高效的替代燃料的吸引力。逐步淘汰化石燃料的免税是货运脱碳和广泛采用清洁技术和系统的关键步骤。

将货运排放纳入碳定价计划是政策制定者推动绿色转型的工具之一。税收改革需要确保成本和收益的公平分配,同时消除会助长低效和污染的奖励。此外,还需要解决影响世界不同地区的公平分配问题。大胆推进运输脱碳计划所需的成本,不应让欠发达经济体和远离主要生产和消费中心的地区承担不公平的比例。否则,如果人们认为脱碳不公正,可能会对脱碳措施产生强烈的反对意见。

### 5.7.3 尽快扩大范围落实可采用的货运脱碳措施,减少成本和排放

许多低碳解决方案和成熟的脱碳技术已经可以迅速部署和扩大规模。目前拥有的技术包括空气动力改进、滚动阻力更小的轮胎、更轻的减重材料、更节能的发动机以及混合动力。严格的燃料经济和CO<sub>2</sub>排放标准可以推动这些技术得到更广泛的应用,其中重型货车必须成为优先应用目标。

在城市货运方面,替代燃料正逐渐成为可行的解决方案。碳定价、更严格的排放标准、零排放区、充电站的增加以及对车辆绿色化的鼓励将进一步刺激这一趋势。其他比较容易落实的措施包括对驾驶员的培训(“环保驾驶”),以及减少某些交通走廊上对高容量货车的限制。提倡非高峰时段配送、设立收集点、优化路线,以及自愿减排计划,如果得到广泛采用,都可以限制排放。

物流公司之间的合作,例如共享车辆以减少跑空车,可以节省成本并减少排放。但必须注意合作中遇到的法律、技术或其他障碍。由可信的第三方运营的数字协作平台有望提供解决之道。

### 5.7.4 加强国际合作,共同控制货运排放

运输脱碳需要比以往更大程度的国际协调。国际航空和船运不包括在巴黎协定中,因此需要不同

的脱碳机制。对于两者来说,标准和规则都是由国际机构在协商一致的基础上制定的。要实施航空和船运的燃料标准和其他脱碳措施,需要各国政府具备共同采取行动的政治意愿。

### 5.7.5 加快标准化进程,加速新型清洁技术的应用

正在研发中的低碳至零碳解决方案需要扩大规模才能具备经济可行性。为新技术、新服务和新实践设定国际标准,有助于利用全球规模迅速推广。如果无法达成全球性的标准,可以选择地区层级上的协作作为次优解决方案。

### 5.7.6 根据地区实际情况制定脱碳路径,缩小通用解决方案中的差距

世界各地由于地理、经济、监管和基础设施条件不同,所以各地区的脱碳优先事项和路径也各不相同。例如,与高度工业化国家的现代化车辆相比,发展中国家老旧的二手车车队需要不同的脱碳解决方案。在发达经济体,电动公路可能很快就会在相对较短的时间内投入使用。对许多发展中国家来说,改善柴油质量和更换旧货车才是更紧迫的任务。在一些地区,生物燃料的生产可能已经接近碳中和并具有良好的成本效益,而在另一些地区,这还是遥不可及的愿景。技术转让和跨境投资也许能缩小这类差距,因此应予以优先考虑。国际法规和脱碳路线图必须认识到,发达国家的人均碳足迹远远超过发展中经济体。

### 5.7.7 扩大私有数据的访问渠道,提升政策设计

数据对货运脱碳政策的支持作用非常重要。数据在排放核算方面至关重要。对于评估创新商业模式和新型汽车技术的影响,数据也具有关键作用。相关数据确实存在,但通常是由单独的公司所拥有。出于公共利益的目的访问私人数据已经不可避免。解决隐私担忧并保障合法的商业利益,不仅是有能力做到的,也是出于研究和政策评估目的而访问企业数据的关键要求。新的建模工具和更加细致的分类方法有能力对目前无法访问的数据加以利用,为政策制定者和货运行业提供重要的分析(国家统计局,2020<sup>[21]</sup>)。