

ITF Transport Outlook 2023

国际运输论坛 (ITF) 交通运输展望2023



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
China Communications Press

ITF 交通运输展望 2023

ITF Transport Outlook 2023

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

北京

最初由经合组织以英文出版,标题为: ITF Transport Outlook 2023©OECD 2023, <https://doi.org/10.1787/b6cc9ad5-en>.
原版附有作者和地区的免责声明,可由此链接获取:
<https://www.oecd-ilibrary.org/sites/b6cc9ad5-en/index.html?itemId=/content/publication/b6cc9ad5-en>.

本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。译本的质量及其与作品原版的一致性完全由交通运输部科学研究院负责。如果原版与译文之间存在任何差异,则仅以原作文本为准。

©2023 交通运输部科学研究院(CATS)翻译。

Originally published by the OECD in English under the title:

English title: ITF Transport Outlook 2023

©2023 OECD

©2023 China Academy of Transportation Sciences for this Chinese edition

OECD 原版为英文:

英文标题:ITF Transport Outlook 2023

©2023 OECD

©2023 中文版属于交通运输部科学研究院

ITF Jiaotong Yunshu Zhanwang 2023

书 名: **ITF 交通运输展望2023**

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:

责任印制: 刘高彤

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpcl.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷:

开 本: 889 × 1194 1/16

印 张:

字 数: 千

版 次: 2024年5月 第1版

印 次: 2024年5月 第1次印刷

书 号:

定 价: .00元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

编 委 会

(成员按姓氏笔画排序)

顾 问:周晓航 王 韬 王先进 方 海
主 编:郑维清 李京翰 王显光 田春林
成 员:王 巍 李艳红 赵 昕 刘 颖
 聂婷婷 王明文 韩笑宓 石 琼
 刘蕾蕾 梁科科 庞清阁 王 婧
 龚露阳 孟蔚然 孙可朝 闫 超
 王 敏 张甜甜 刘振国 汪 健
 韩继国



序

随着新冠疫情的结束,交通运输得到快速复苏,但随之而来的能源危机与大范围的供应链中断,又给全世界的运输服务使用者和提供者带来了新的不确定性。大家继续看好经济的长周期增长,因此,从长远来看,运输需求仍将显著增长,交通运输脱碳步伐仍需加快。国际运输论坛(ITF)的《ITF 交通运输展望》2023 版,分析了新冠疫情后交通运输的复苏与新的不确定性对交通运输的影响,设定了当前目标和高目标两种情景,分析了不同政策措施对全球运输需求和二氧化碳排放的影响,并在此基础上提出交通运输脱碳的若干政策,为我国制定推进碳达峰与碳中和进程的相关政策提供参考。

《ITF 交通运输展望》2023 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,并结合新冠疫情后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,结合新的不确定性对交通运输的影响,修订预测结果。三是以运输脱碳为目标,设定了当前目标和高目标两种情景,并聚焦使城市更宜居的交通运输政策,基础设施投资决策和不同政策情景对它们的影响,以及政策影响的地区差异三个方面进行分析和预测,为交通运输行业脱碳政策及路径制定提供了重要参考依据。

《ITF 交通运输展望》2023 中文版是我院与国际运输论坛(ITF)第四次合作,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)负责全书的组织和翻译工作,主要参译人员包括:王显光、郑维清、李京翰等。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。国际运输论坛的陈贵能、韩宗懿、金贤洙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

2024 年 2 月 28 日



序


自上一版《ITF 交通运输展望》发布后,交通从一场全球危机转向到另一场全球危机。经历了新型冠状病毒疫情的肆虐,乌克兰战争又带来了难以言状的破坏毁灭与人间疾苦。这场冲突还导致了突如其来的能源危机和大范围的供应链中断。

在如此充满挑战的环境下,全球运输系统证明了自己的韧性。话虽如此,交通运输对化石燃料近乎完全的依赖使得该领域很容易受到能源价格上涨的影响。政策制定者若想进一步加强交通运输的韧性并遏制有害的二氧化碳的排放,就必须将克服这种依赖作为重点。

值得欣慰的是,转向清洁运输具有重要的经济意义。发展可持续交通模式可在不影响人员出行或货物流动的情况下减少排放。此外,发展可持续交通模式还有其他更广泛的益处。如果落实恰当,绿色、清洁、更具韧性的交通运输将为所有人提供更经济、更安全、更可达的服务。

本报告利用当下最先进的模拟工具预测未来的运输活动及其影响,并据此提出相应的政策行动。我希望《ITF 交通运输展望 2023》中的内容能帮助世界各地的领导人作出正确的决策,为地球及全人类造福。

国际运输论坛秘书长 金永泰



目录

第 0 章	概述	1
0.1	背景	1
0.2	发现	1
0.3	政策建议	2
第 1 章	交通运输展望:复苏节奏加快,新的不确定性	3
1.1	疫情后的复苏:出现新的不确定性	4
1.2	回顾总结:新冠疫情对交通运输的影响	4
1.3	迎接下一个挑战:不确定时期的脱碳	7
1.4	展望未来:未来交通运输需求的驱动因素有哪些?	10
1.5	脱碳目标:《巴黎协定》下的行动进展	12
1.6	设定优先事项:除了交通运输脱碳,还有哪些重要事项?	14
第 2 章	交通运输脱碳:未来情景	17
2.1	提升政策雄心:交通运输承担的重要角色	18
2.2	交通运输脱碳:两种未来情景	18
2.3	“当前雄心”情景:预测当前承诺的影响	20
2.4	“雄心壮志”情景:脱碳的必经之路	24
2.5	打破联系:运输活动增加,而排放减少?	28
第 3 章	管理交通运输需求:提供有吸引力的选择	34
3.1	政策干预:根据交通运输活动类型制定相应的措施	35
3.2	城市交通:令可持续交通模式成为最具吸引力的选项	36
3.3	地区出行:解决农村人口对汽车的依赖	48
3.4	国际和城际出行:收入增加,出行增多	51
3.5	非城市货运:提高效率和可持续性的政策	54
3.6	政策建议	57
第 4 章	清洁车辆:运输脱碳的关键	60
4.1	改进车辆和燃料:即刻开始行动	61
4.2	转向清洁的公路运输车辆:至关重要且现实可行	62
4.3	漫漫长路:船舶与飞机的脱碳挑战	67
4.4	小心差距:为何地区差异会拖累脱碳进展	73

4.5	政策建议	75
第 5 章	宜居城市:运输脱碳的广泛效益	77
5.1	更干净的空气、更健康的城市:交通运输对公共健康的影响	78
5.2	设计安全的街道:交通安全和脱碳之间的联系	81
5.3	令城市触手可及:致力于改善可及性的交通政策	84
5.4	人人宜居:促进公平和包容的交通	89
5.5	城市空间以人为先:创建一个空间高效的交通系统	91
5.6	政策建议	95
第 6 章	投资未来:交通运输脱碳的经济影响	98
6.1	投资清洁交通运输:脱碳会产生更多的开支吗?	99
6.2	“决定并提供”:基础设施规划和投资的新方式	102
6.3	电动汽车充电桩:运输脱碳必不可少的新网络	107
6.4	燃料税:通过改革避免资金短缺	109
6.5	政策建议	114

第 0 章 概 述

0.1 背景

本版《ITF 交通运输展望》探讨了到 2050 年,不同政策措施对全球运输需求和二氧化碳(CO₂)排放的影响。探讨涵盖了各种模式的客运和货运。本报告关注的第一个焦点是使城市更宜居的交通运输政策,第二个焦点是基础设施投资决策及不同政策情景对它们的影响,第三个焦点是政策影响的地区差异。

本报告利用 ITF 内部的运输模型,分析了未来交通运输的两种政策情景。当前目标情景设定交通运输脱碳政策沿着当前的路径发展,并探讨该政策对未来 30 年的交通运输需求、CO₂排放和其他方面的影响。当前目标情景设定未来政策更注重加快交通运输的脱碳进程,并探讨其影响。

0.2 发现

现在距离实现《巴黎协定》的目标,将全球变暖控制在工业化前水平的摄氏 2 度以下,已迫在眉睫。尽管一些地区在努力脱碳,但由于未来交通运输需求将继续增长,交通运输排放的下降速度不够快,导致《巴黎协定》中气候目标仍难以实现。到 2050 年,当前目标情景下客运需求将增长 79%,货运需求则大约翻一番。在当前目标情景下,相应的增幅分别是 65% 和 59%。

政策制定者在打破运输需求与排放之间的联系方面发挥着关键作用。他们必须使用自己掌握的工具,大规模推广零碳和低碳技术与燃料,并降低其成本。对于公路和轨道交通,必须大规模推广低碳和零碳技术。对于海运和空运,从长远来看,开发足量的可持续、可负担得起的燃料对脱碳至关重要。

公共交通和大运量客运系统蕴藏着巨大的减排潜力,但推动拼车、共享车辆、步行及骑行等各种交通模式的发展也是必不可少的。如果出台更加雄心勃勃的政策,到 2050 年,大部分乘客将转向可持续交通模式,私人小汽车在城区的出行方式占比将从 2019 年的 49% 下降至 36%。在城区之外,交通模式转变政策将在特定背景下取得成功。尤其是轨道交通,无论是在当前目标还是在当前目标情景下,都将实现更高的出行方式占比。但即便执行雄心勃勃的政策,到 2050 年,仍然有大约 50% 的地区出行使用小汽车。

国际和城际出行主要依靠碳密集型交通模式,其中仅民航运输旅客周转量就将占到国际和城际旅客周转量的近一半(47%)。无论是客运还是货运,长途运输都难以脱碳。若想在减少交通运输活动的情况下使其更可持续,就必须减小交通运输的碳强度。

货运模式的选择大多不受定价措施的影响,但多模式交通中的公路运输和港口运输则属例外。统一的定价政策会使最可持续的交通模式得到用户的青睐。提高碳定价可降低碳强度最高的交通模式的吸引力,增加低碳燃料的成本竞争力。

无论选择哪条发展道路,交通系统在未来几十年都需要大量投资。在当前目标情景下,到 2050 年,为满足预测的交通运输需求的核心基础设施投资预计每年将占到全球生产总值的 1.7%;在当前目标情景下,这个比例略微低一些(1.6%)。但是,推广电动汽车需要部署充电网络,这将需要大量额外的投资。

0.3 政策建议

0.3.1 为未来交通运输及燃料补充基础设施制定全面的发展战略

为确保不断增加的交通运输活动尽可能可持续,政府应改变规划方式。而不是根据预测的需求反应性地提供基础设施,“决定并提供”方法是以实现特定公共政策目标为视角,以愿景为导向对基础设施进行投资。这种方式并不一定会产生更高的成本如果现在开始执行雄心勃勃的脱碳政策,核心基础设施的投资需求反而会更低。

0.3.2 加速向清洁车辆转变

新的车辆技术和替代燃料对运输脱碳至关重要。加速向清洁车辆和燃料的过渡需要有针对性的政策,设定明确的、雄心勃勃的目标,并提出各项支持措施。为加快零排放乘用车的使用而采取的激励措施不应损害低收入群体的利益。替代的燃料和车辆技术需要依靠基础设施(例如充电网络和燃料补给站点)提供基础保障,这将需要额外的投资。

0.3.3 在最有效的地区实施交通模式转变和交通需求管理政策

减少出行次数和出行距离以及鼓励选择更可持续的交通模式,这些措施在城市脱碳中效果不错,但并非适用于所有地方。一些国家有潜力将地区出行、短途城际出行和国际出行转向铁路,但应在可行的条件下努力实现这种交通模式转变。例如,交通模式转变政策对长途出行几乎没有影响,因为长途出行借助民航运输无可取代。在这种情况下,就应优先考虑发展低排放车辆和燃料。

0.3.4 评估政策时要考虑城区的额外收益

许多城市的交通运输脱碳政策都具有额外的积极影响,例如,减少城市对汽车的依赖和改善可持续交通方式,这些措施也可以改善出行的经济可负担性和可及性,还可以减缓交通拥堵,释放城市空间,并通过减少自行车和步行的交通事故风险以及限制道路交通产生的空气污染物达到改善城市居民身体健康的结果。

0.3.5 改革车辆税,捕获新车辆的外部成本

随着车辆效率的提高以及向零排放车辆的加速转变,政府的燃料税收入将持续减少。这将削弱燃料税作为鼓励可持续出行行业的政策工具的有效性。有效的道路定价措施可缓冲燃料税收入减少所带来的影响。拥堵收费还可以随着时间的推移,以更公平的方式捕获道路使用的外部成本,并鼓励更可持续的交通方式。

第1章 交通运输展望:复苏节奏加快,新的不确定性

本章总结了新型冠状病毒疫情对交通运输的主要影响以及疫情后的不确定性。本章亦探讨了交通需求的主要驱动因素以及影响交通运输脱碳的外部因素。随后,本章描绘了交通运输脱碳面临的挑战,并总结了国际社会的脱碳合作进展。最后,本章指明了各国交通运输部在履行承诺实现《巴黎协定》目标时应考虑的优先事项。

本章摘要

全球性干扰因素阻碍了交通运输在疫情后的复苏。

新型冠状病毒疫情影响下,全球各国政府在2020—2022年间对出行和移动实施了各种封锁和限制。这些措施极大地影响了全球的交通运输,但其反弹速度比预想中更快。当前应对政策已经发生变化,出行限制等措施已经不再生效。其他措施,例如投资主动出行,在某些地区愈加主流化。

2022年,正当疫情后复苏方兴未艾,乌克兰战争却带来了难以名状的破坏毁灭与人间疾苦。战争并伴随着能源危机与大范围的供应链中断。这些扰乱因素为全世界的运输服务使用者和提供者带来了新的不确定性,在本报告发布期间,影响仍在继续。

全球生产总值的发展趋势、不断变化的贸易模式以及能源价格的波动起伏为我们了解当前的事件可能对运输需求产生哪些影响提供了一些线索。全球生产总值对货运及客运都会产生影响,国际贸易决定了货运的模式和需求,能源价格的波动则会影响运输行为。

伴随着交通运输的复苏迹象,也有一些令人不安的事实。随着出行限制的解除,旅客出行正蓬勃发展,因战争和制裁而关闭的贸易路线也有了新的替代路线,但交通运输仍然极其依赖化石燃料,且仍然很容易受到能源价格波动的影响。

交通运输未来的可持续性在很大程度上取决于它如何应对全球变暖造成的结构性危机。预计未来几年,全球人口和经济将继续增长,意味着货运和客运需求将继续增长。根据本报告的预测,当前的减排承诺仍然缺乏力度。

脱碳面临着巨大的挑战。国际社会正不断推进脱碳合作,但还需加快速度。在此背景下,实现气候目标的公平问题变得尤为紧迫。对许多政府而言,平衡好国家优先事项和履行《巴黎协定》下的承诺仍然是一项严峻的挑战。

主要启示

- (1) 运输业在疫情后的复苏速度快于预期,但仍存在重大挑战。
- (2) 能源市场的动荡和生活成本危机使运输脱碳的努力复杂化。
- (3) 尽管取得了一些进展,但未来几年运输排放量的下降速度将不够快,无法实现国际气

候目标。

(4) 存在推进脱碳目标的机制,但他们需要变得更加雄心勃勃。

(5) 各国政府面临着在履行气候承诺的同时平衡多个优先事项的挑战。

全球交通运输在疫情后的复苏超过了人们的预期,但国家内部与国家之间仍存在明显差别,而新的不确定性则进一步加剧了这些差距。

人口增长和经济发展将继续推动交通需求增长,各国需要加强合作才能实现脱碳目标。在这种情况下,世界各国的交通部门将面临相互竞争的优先事项,需要能够应对多重挑战的解决方案。

本章主要探讨交通运输在新冠疫情后的复苏。本章详细探究了在当前的经济环境下,面对新的不确定性,运输需求的决定因素将如何影响未来的需求。

1.1 疫情后的复苏:出现新的不确定性

所有对未来运输趋势的预测都存在不确定性。本版《ITF 交通运输展望》也不例外:本报告概述了新型冠状病毒疫情及随后的运输中断产生的预期内外的影响。2022年,就在全球经济从疫情中复苏之际,乌克兰战争又引发了进一步动荡。虽然当前全球贸易和供应链仍有波动,但因为大家看好经济增长,从长远来看,运输需求仍将显著增长。人口增长、密度及城市化趋势将继续上升并在改变交通活动方面发挥重要作用。其他因素,例如能源价格、土地利用政策与行为习惯的转变,也会影响运输需求以及人们或企业对运输方式的选择。

交通运输是提升可及性以及影响个人经济社会成就的重要因素。交通运输也能对全球可持续发展作出积极贡献,是2030可持续发展议程的关键全球行动角色(UN,2015^[1])。联合国将可持续发展定义为“既满足当代人的需求,又不对后代人满足其需求的能力构成危害的发展”(UN,2022^[2])。随着交通需求的增长,在满足交通需求的同时解决二氧化碳(CO₂)排放增加、空气质量较差和交通拥堵问题并提升所有人获得机遇、商品和服务的可能性,变得尤为关键。

但是,交通运输面临的挑战相当严峻。2018年,交通运输产生的CO₂排放量占到全球能源相关排放总量的23%(IEA,日期不详^[3]),交通运输是对化石燃料依赖度最高的行业(IEA,2022^[4])。在将近一半的国家中,交通运输都是排放量最高的行业(UN,2021^[5])。由于运输对燃油的高度依赖以及个人交通选择带来的复杂性,交通运输的脱碳相对比较困难。与此同时,人员和货物将继续流动。运输需求与日俱增,即便在不稳定的时期亦是如此,因此政策制定者必须根据《巴黎协定》的目标解决并减缓交通运输产生的排放。运输需求的满足,必须在保障人员和货物流动的同时减少排放。

经济、人口和能源市场的变化主要影响就是运输需求。经济活动和家庭可支配收入的增加会刺激客运和货运需求上涨。同样地,人口增长也会导致运输需求上升。随之而来的人口变化,例如,不断扩张的城镇化和国家人口结构的变化,也会影响运输需求以及政策制定者解决问题的方式。能源市场的价格波动会影响出行模式以及对替代燃料的投资。另外,技术进步与长期的行为变化也会影响运输需求。所有这些因素,共同影响着交通需求,而交通需求又会反过来影响运输规划和投资决定。

1.2 回顾总结:新型冠状病毒疫情对交通运输的影响

新型冠状病毒疫情引发了广泛的社会、经济和环境变化,像经济的大部分领域一样,交通运输也经历了疫情的冲击。国家和地方封锁以及其他出行限制导致人员和货物的流动受到前所未有的阻碍。疫情影响了所有国内和国际交通模式,从城区的私人机动车辆、公共交通到客车、火车和航班,无一不受影响。

保持社交距离的要求和封锁政策还影响到公共交通的客流量和共享出行服务。全球供应链也因为疫情而受到严重干扰,如2020年民航客运量下降了60%(ICAO,2023^[6])。各行各业的就业率受到严

重冲击,特别是零售业和旅游业。新兴国家和发展中国家的大部分非正式就业人员都受到了影响,特别是他们比正式就业人员更难以获得社会保障(世界银行,2020^[67])。

在2020年疫情的最初几个月里,基本服务工作者经历了各种限制,可选择的公共交通非常有限。各国政府通过了相关协议,特别批准这些工作者使用现有的交通服务,以应对当时的情况。政策制定者首先关注的重点是确保大家平等持续地获得基本服务并保障基本物资的流动(ITF,2023^[8])。

交通运输逐渐适应了环境的变化。轨道交通和其他公共交通、共享单车、出租汽车等为医务工作者提供免费或优惠的出行。许多公共交通方式(包括轨道交通)在缩减运力的情况下继续运营。疫情暴发后几个月,许多城市通过了一系列措施,为步行和骑行开辟空间(ITF,2023^[8])

随着疫情的暴发,许多人改变了自己的出行方式。一开始,不仅是个人,整个城市及国家都陷入停顿,供应链承受着巨大压力。随着后续疫情浪潮的出现,许多国家将重点转向维持并恢复运输服务,最大限度地降低供应链压力。许多政府为运输服务运营商制定了融资机制和重组方案,以缓解其财务困境,支持他们在疫情后继续运转。

1.2.1 疫情后复苏速度超出预期,但仍面临重重挑战

《ITF 交通运输展望 2021》设想了新型冠状病毒疫情为运输脱碳带来的一系列挑战和机遇。该报告提出了三种情景来评估不同政策路径对运输需求、温室气体排放、地方污染物排放、可及性、联通性和韧性的影响。所有三种情景都考虑了疫情的影响,在情景中设定了经济影响、预期的行为转变以及疫情对运输供应和出行模式的长期和短期影响程度。

但疫情后经济的复苏速度比此前预估的更快。《ITF 交通运输展望 2021》设定2020年全球生产总值的估算值和贸易将下降。该报告随后又设定,在接下来几年,各国将恢复到疫情前预测的增长速度。为模拟这一趋势,模型假设全球生产总值和贸易估算值延迟5年恢复至疫情前水平(ITF,2021^[9])。面对疫情的影响,我们找到了解决方案,让贸易流动得以继续。

到2021年,一些国家的国内生产总值(Gross Domestic Product, GDP)已经恢复到疫情前水平。在七国集团(G7)成员国中,截至2021年第四季度,与2019年第四季度相比,加拿大已经高出了疫情前水平0.2%。美国和法国的GDP已经分别在2021年第二和第三季度恢复到疫情前水平(OECD,2022^[10])。至于二十国集团(G20),虽然有些国家之间的差距较大,但集团的GDP已经在2021年第一季度恢复到疫情前水平。印度、中国和土耳其是最早在2020年末实现恢复的G20国家。澳大利亚、巴西和韩国也在2021年第一季度回到疫情前水平(OECD,2021^[11])。

2021年,全球经济继续强劲复苏。但在一定程度上受到新型冠状病毒德尔塔变体的影响以及疫情持续导致的供应链中断,复苏势头在年底前有所放缓(IMF,2021^[12])。由于2021年第三季度库存下降、消费疲软,国际货币基金组织(IMF)下调了对发达经济体2021年的增长预期。同时,鉴于新兴经济体国内需求比预期水平更强劲,IMF上调了增长预期。这一修正与《ITF 交通运输展望 2021》的基本假设不同,本报告预期经济复苏将放缓。

1.2.2 国际贸易和货运内在相连

疫情迈入低谷后,国际贸易开始强劲复苏,直到2022年乌克兰战争爆发才再次暴跌。疫情导致一些贸易量出现第二次世界大战以来的最大跌幅(OECD,2022^[13])。疫情后出现的国际贸易下跌与2008年全球金融危机相似。与2008年6月金融危机前的峰值相比,2020年4月欧盟国家的航空货运量下降了53%,美国则下降了3%(ITF,2020^[14])。

由于封锁措施和行动限制,运输是受影响最严重的领域之一。虽然疫情初期的贸易下降堪比2008年全球金融危机造成的下跌,但到2021年,贸易就已经能够实现“V”形复苏。ITF数据(ITF,2022^[15])显示,截至2021年第三季度,海运和航空货运量已经完全恢复。图1.1和图1.2是截至2021年欧盟和美国的航空运输与海上运输贸易量的恢复情况。

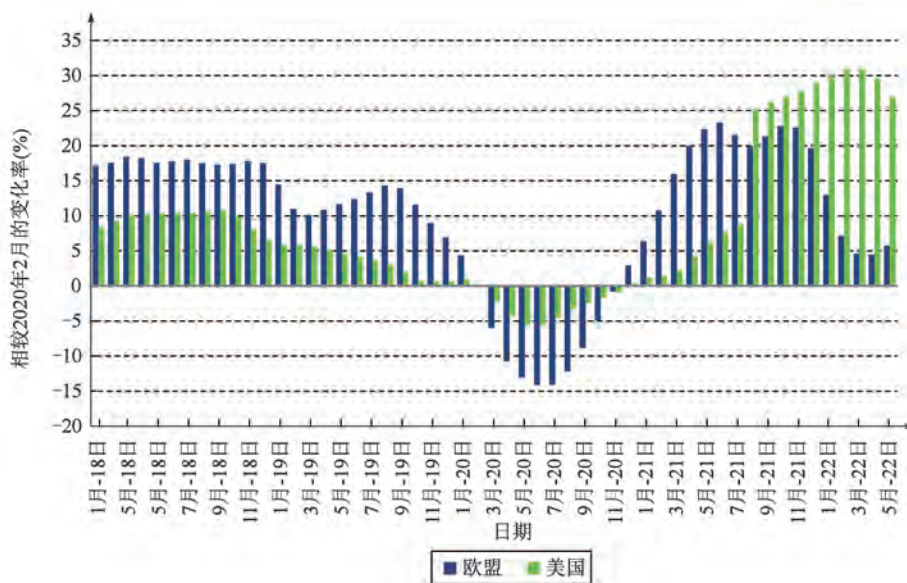


图 1.1 2018—2022 年欧盟和美国的航空运输对外贸易量
资料来源:ITF (2022^[15])。

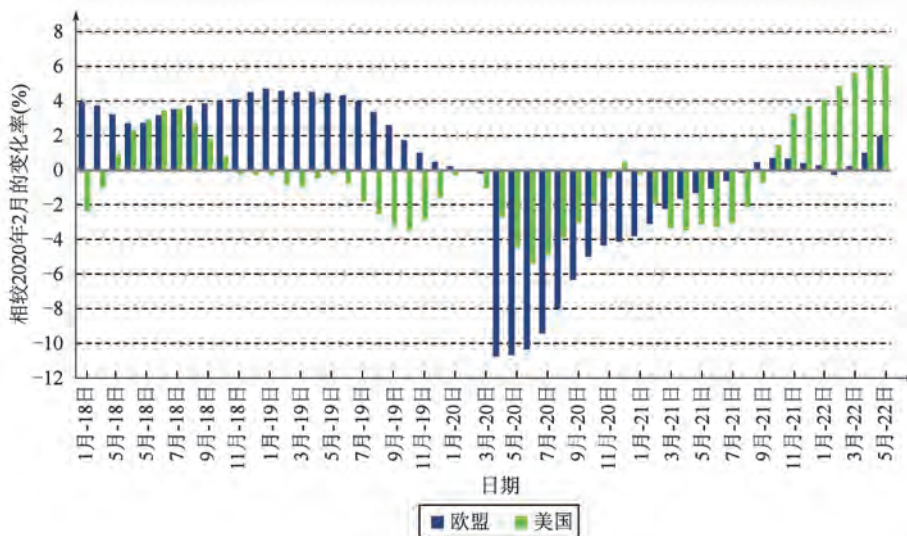


图 1.2 2018—2022 年欧盟和美国的海上运输对外贸易量
资料来源:ITF (2022^[15])。

然而,不同商品的贸易逆差在 2021 年全年都各不相同地缩小了。全球价值链极大地依赖于国际集装箱航运,该行业在 2021 年继续保持复苏势头。疫情对各国贸易的影响也不均衡。虽然 2020 年大多数国家的出口下跌速度相近,但复苏的情况却大相径庭,较发达经济体的出口复苏远快于欠发达经济体 (ITF, 2022^[15])。

由于 2021 年底奥密克戎变体导致新型冠状病毒病例增多,再加上 2022 年初乌克兰爆发战争,复苏陷入停滞。从欧洲到巴西、俄罗斯、印度、中国和南非(金砖国家)以及亚洲国家的贸易流在 2022 年 2 月战争开始时大幅下降。与 2020 年 2 月相比,2022 年 5 月欧盟的海运出口量下降了 5%,进口量上涨了 7%。到 2021 年最后一个季度,全球空运贸易也开始止步不前(ITF, 2022^[15])。

到 2022 年 5 月,欧盟的进口量仅比 2020 年 2 月的水平高出 2%,与 2021 年相比,表现相当不理想 (ITF, 2022^[15])。2022 年 5 月,欧盟对金砖国家和亚洲国家的海运出口分别下降 19% 和 16%,而进口量则没有太大变化。正如预期的那样,欧盟与金砖国家和亚洲国家的空运贸易往来大幅收窄。

1.2.3 新型冠状病毒疫情改变了贸易和运输政策

各国政府和企业采取了一系列缓解新型冠状病毒疫情影响的措施。例如，自新型冠状病毒疫情以来，贸易区域化程度进一步提高，这一趋势突出了距离较短、韧性更高的供应链的相对优势。根据世界经济论坛(WEF)的数据，在疫情暴发的前五年，平均贸易加权距离一直在下降，且在2019年达到2008年全球金融危机以来的最低水平(Legge和Lukaszuk, 2021^[16])。

随着区域化程度的提高，疫情暴露出全球供应链的脆弱性，显示出它们很容易受到干扰。一旦边境关闭，全球和跨国供应链就崩溃了。为此，政策制定者开始注重实施可提高韧性的政策，希望更好地应对未来的紧急情况。

这场疫情也突显出多边主义和国际合作的重要性。区域化可帮助供应链抵御未来危机，因此在疫情后再次成为主流。对投资驱动因素和决定因素的长远考虑正成为确保供应链韧性的标准组成部分(UNCTAD, 2022^[17])。基于以上观察，《ITF 交通运输展望 2023》对比上一版，设定贸易的区域化程度加深。

新型冠状病毒疫情的封锁措施导致了城市步行和骑行的复苏，得益于城市当局的支持性政策。疫情期间在城市内提倡主动出行的多项措施也已成为长期战略规划的一部分。这类措施包括取消停车道，为步行和骑行通道腾出更多空间；扩大人行道；允许自行车使用公共汽车专用道；下调混合车道的速度上限(UITP, 2020^[18])。

自疫情开始以来，全球共有1800个城市已经采取行动提倡非机动车交通(Goetsch和Peralta Quiros, 2020^[19])。一些城市在特定区域限制车辆通行，而引入了“无车日”的概念(Shah、Jaya和Piludaria, 2022^[20])。新型冠状病毒疫情出行数据集之“改变的街道”汇集了超过500个城市的政府应对措施，这些措施直接影响了步行、自行车以及其他非机动车模式(Combs和Pardo, 2021^[21])。

交通模式的一些长期变化带来了脱碳机会，政策制定者必须在交通运输的绿色转型中利用好这些变化。疫情期间，由于远程会议、在线学习、电子远程办公和在线购物等在线活动增加，虚拟流动性也随之增加(de Palma、Vosough和Liao, 2022^[22])。在这些趋势中，远程办公是在解除与新冠疫情相关的限制后，在多个地方仍然持续显著的另一个趋势(ITF, 2023^[8])。

疫情进一步加速了电商发展，将其推向新的高度。根据联合国贸易和发展会议(2022^[23])，虽然很多国家早已开始放松限制，但新型冠状病毒疫情刺激的电子商务活动增加一直持续到2021年。电子商务销售增长最多的是发展中国家。在阿拉伯联合酋长国，网上购物的互联网用户比例从2019年的27%上升到2020年的63%。在巴林和乌兹别克斯坦等国家，这一比例也增长了三倍。在发达国家中，希腊的增幅最高(18%)，其次是匈牙利、爱尔兰和罗马尼亚，增幅均为15%(UNCTAD, 2022^[23])。

报告认为，电子商务活动将继续适度增长，并在2025年达到全球零售的四分之一。电子商务活动的增加导致货运需求上升，而如果没有采取货运脱碳措施，则无法避免排放增多、拥堵加剧的结果。

1.3 迎接下一个挑战：不确定时期的脱碳

与新型冠状病毒疫情一样，正在乌克兰进行的战争也促使政策应对发生了变化，并扰乱了全球经济。从经济和人类承担的后果，包括数百万人流离失所可看出战争的影响。战争在乌克兰引发了人道主义危机，为本就已经创下历史新高的全球难民人数再添上沉重的一笔(世界银行, 2022^[24])，并为全球地缘政治关系带来巨大压力。

战争对日趋严峻的全球经济而言，主要是火上浇油，进一步扰乱了供应链、商品市场和能源价格(世界银行, 2022^[25])。影响主要集中于全球增长放缓、通胀上升以及贫困加剧(世界银行, 2022^[24])。在乌克兰之外，战争也直接影响了欧洲，更波及世界。联合国全球危机应对小组预测，94个国家的16亿人面临生活成本危机、粮食短缺、能源贫困以及社会动荡带来的多重威胁(世界银行, 2022^[26])。这样的局面可能会对实施环境目标带来相当大的挑战。本报告尽可能地考虑了当前战争和未来的影响。

1.3.1 能源市场的波动可能会影响脱碳

乌克兰战争加剧了尚未从疫情冲击中完全恢复的国际能源供应链的薄弱环节。国际能源署(IEA)将当前的状况描述为“全面爆发的能源动荡”,主要是在乌克兰战争爆发前,俄罗斯是全球最大的化石燃料出口国。俄罗斯对欧洲减少供应并施加制裁“正在切断全球能源贸易的一条主干道”(IEA,2022^[27])。

能源安全已成为许多国家的首要任务,所以这场正在进行的战争还影响着全球的气候政策。战争对全球能源市场的影响促使一些国家修改了自己的能源政策,例如推迟之前设定的逐步淘汰化石燃料的雄心(Ember,2022^[28]),但继续依赖化石燃料可能导致推迟气候行动。

许多依赖俄罗斯化石能源的国家没有加速投资清洁能源或寻找替代能源的正式计划。但有一些国家和地区集团已经采取行动,在缓解能源危机风险的同时,推动实现其气候目标(Beyer 和 Molnar,2022^[29])。

例如,2022年5月,欧盟委员会发布了“重新赋能欧盟”计划,旨在到2027年逐步淘汰俄罗斯的化石燃料,并促进欧盟的可再生能源生产和能效提升措施(EC,2022^[30])。2022年7月,欧盟还达成了“过冬计划”,这是一项政治协议,要求欧盟东部地区国家在2022—2023年的冬季以过去五年的平均消费量为基准自愿减少15%的天然气需求(欧盟理事会,2022^[31])。

能源价格上涨也将对新兴经济体产生重大影响,新兴经济体可能会将重点转向确保能源供应稳定,从而放弃绿色能源转型(Zhang,2022^[32])。为继续推进运输脱碳,有必要统筹考虑减少化石燃料依赖和能源安全规划。减少对化石能源的依赖需要跨部门采取针对性和持续的政策措施,并加强能源安全方面的国际对话与合作。

1.3.2 战争带来的经济不确定性也影响交通运输

乌克兰经济目前正处于严重困境。据当时的预测,到2022年中,乌克兰基础设施、住房和非住宅建筑的损失已经超过1000亿美元,此外,房屋、公路和铁路、农业用地以及其他生产力设施遭到大范围破坏(基辅经济学院,2022^[23])。欧盟可能是乌克兰以外受影响最严重的地区,因为欧盟与俄罗斯和乌克兰的经济联系都很密切。世界银行(2022^[24])预测2022年欧洲和中亚地区的产生将缩减0.2%。

乌克兰战争是导致全球经济增长放缓的一个重要原因,主要是因为能源价格上涨和能源供应缩减影响了全球经济,而全球经济尚未完全从疫情的阴影中恢复过来(IEA,2022^[27];世界银行,2022^[25];国际货币基金组织,2022^[34];联合国,2022^[35])。2022年,全球经济增长仍保持低迷状态,并在2023年进一步放缓至2.2%。受大宗商品价格上涨和供应链持续中断的影响,全球通胀也在向着恶化方向发展。

新型冠状病毒疫情对交通运输产生了巨大影响。出行限制迫使许多航空公司不得不停飞。道路运输在多个环节都非常依赖人工,因此在疫情下举步维艰。随着卫生措施和出行限制逐步放松,民航客运量开始恢复正常,但全球供应链中断在乌克兰战争前继续影响着全球交通运输。

2021年,俄罗斯与世界其他地区之间的国际航空客运量占全球国际客运量的5.2%。同一年,欧洲民航客运量的5.7%往返于俄罗斯、3.3%往返于乌克兰(IATA,2022^[37])。截至2022年3月,36个国家对俄罗斯航空公司关闭了领空。同时,俄罗斯也禁止大多数上述国家的航空公司进入或飞过其领空。有些航空公司虽然属于未受制裁影响的国家(例如,亚洲国家),但也暂时减少了往返俄罗斯的航班。乌克兰战争导致国际航空客运总量比2021年减少了2.4%。

乌克兰战争也严重扰乱了基本物品的运输,特别是食品和能源。俄罗斯和乌克兰是重要的农业经济体,也是小麦、玉米和葵花籽油等基本农业大宗商品的供应国(FAO,2022^[38])。乌克兰还出口原材料、化工产品和机械。欧盟是乌克兰的主要贸易伙伴,2019年的贸易量占乌克兰贸易的40%以上(EC,2022^[39])。乌克兰的海运货运量最高,但其货运活动也覆盖其他各种运输方式。

预计乌克兰战争将对全球贸易产生持久影响。因战争而施加的制裁导致贸易和供应链中断。预计这些因素将阻碍依赖俄罗斯大宗商品的全球价值链。它们将主要影响大量进口这些商品的区域经济体(世界银行,2022^[24])。中亚国家因主要货运走廊受到限制,正处于供应链中断的风险下(ITF,2022^[40])。

乌克兰战争抑制了前一年的全球贸易复苏。在边境关闭、贸易限制和燃料成本上升的综合影响下，贸易模式和数量发生了重大变化。世界贸易组织(WTO)下调了商品贸易额增长预期,2022年从4.7%下调至3%,2023年下调至3.4%(WTO,2022^[41])。有些地区受到的战争影响将比其他地区更严重。

俄罗斯和乌克兰是农业食品领域的重要参与者,占全球葵花籽油和种子贸易的53%,占小麦贸易的27%(UNCTAD,2022^[42])。贸易中断对非洲和中东的影响可能最大,因为这两个地区从这两个国家进口的谷类食品达到50%以上(WTO,2022^[43])。预计价格上涨将对很多国家,特别是对低收入粮食净进口国造成较大压力。

高昂的能源价格将进一步加剧食品价格上涨,进而导致运输成本增加。表1.1总结了自2018年以来WTO年度商品贸易额以及对2022年和2023年的预测。2021年,所有地区都从疫情导致的贸易下滑中强势复苏,2022年和2023年的增长将放缓。

2018—2023年全球商品贸易额

表 1.1

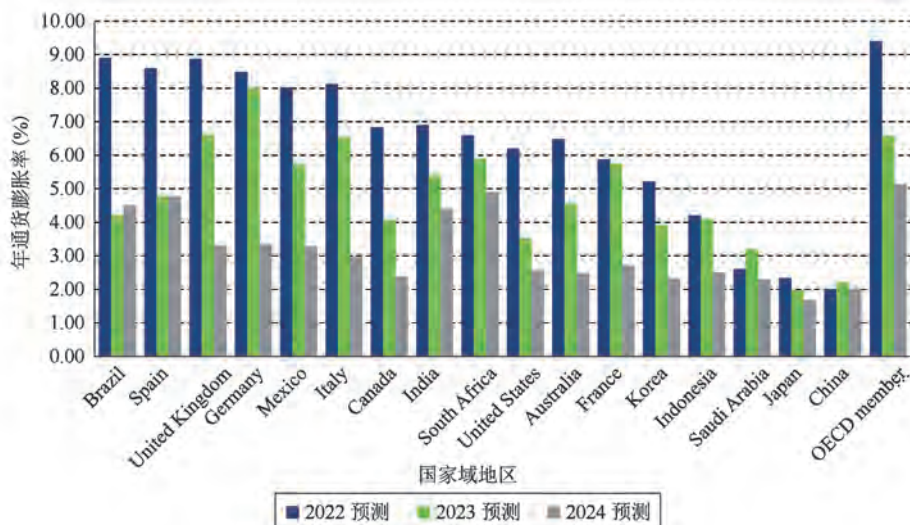
组织或地区	贸易额的年度变化(%)					
	2018	2019	2020	2021	2022	2023
世界商品贸易额	3.0	0.2	-5.0	9.8	3.4	3.0
出口						
北美	3.8	0.3	-8.8	6.3	3.4	5.3
南美	-0.9	-1.2	-4.6	6.8	-0.3	1.8
欧洲	1.8	0.6	-7.8	7.9	2.9	2.7
独立国家联合体	4.0	-0.3	-1.2	1.4	4.9	2.8
非洲	3.1	-0.3	-7.5	5.1	1.4	1.1
中东地区	4.6	-1.9	-9.3	7.3	11.0	2.9
亚洲	3.7	0.9	0.5	13.8	2.0	3.5
进口						
北美地区	5.1	-0.6	-6.1	12.6	3.9	2.5
南美	4.8	-1.7	-11.2	25.8	4.8	3.1
欧洲地区	1.9	0.3	-7.3	8.1	3.7	3.3
独立国家联合体	4.0	8.3	-5.5	10.7	-12.0	-5.2
非洲	5.4	3.0	-11.8	4.2	2.5	3.9
中东地区	-4.1	5.2	-9.8	5.3	11.7	6.2
亚洲	5.0	-0.4	-1.0	11.1	2.0	4.5

来源:WTO(2022^[43])。

国际世界经合组织(2022^[36])的预测表明,大多数国家的通货膨胀将在2022年第三季度达到顶峰,并将在2022年底至2023年开始下降。所有主要大宗商品市场都经历了通胀冲击,预示着广泛通胀来袭。这促使各国央行采取更加紧缩的货币政策,以将通胀率拉回目标水平之下。通胀已蔓延至世界各地,但各地通胀程度不同。

据经合组织预测,经合组织国家的年通胀率将从2022年的9.4%下降至2023年的6.6%(OECD,2022^[44])。预计到2024年,通胀率将进一步降至5.1%。英国的年通胀率从2021年的2.6%上涨至2022年的8.9%,是欧洲涨幅最大的国家之一(OECD,2022^[36])。土耳其2022年的年通胀率为73.2%,是过去二十年来的最高水平(世界银行,2022^[45])。中国的通胀率将保持较低水平且基本稳定,而印度2023年的通胀率预计将和之前一样,维持在5%~6%。

食品价格上涨可能会加剧收入不平等,因为低收入家庭的食物和燃料支出比例较高,通胀对他们的影响最大(Laborde Debucquet、Lakatos和Martin,2019^[46])。在货币政策紧缩和全球需求放缓的推动下,2023年通胀率可能会下降,但许多国家的通胀率仍将高于目标水平。图1.3是当时对2022、2023和2024年度通胀率的预测,预计2023年只有中国和沙特阿拉伯的通胀率将高于2022年。



注: BRA: 巴西。ESP: 西班牙。GBR: 英国。EDU: 德国。MEX: 墨西哥。ITA: 意大利。CAN: 加拿大。IND: 印度。ZAF: 南非。USA: 美国。AUS: 澳大利亚。FRA: 法国。KOR: 韩国。IDN: 印度尼西亚。SAU: 沙特阿拉伯。JPN: 日本。CHN: 中国。OECD: 经合组织成员国。

图 1.3 2022—2024 年若干选定国家的年度通胀率预测

来源: OECD 经济展望数据库 (2022^[47])。

乌克兰战争爆发前,石油价格一直在上涨。这种上涨是由多个因素综合推动的,包括全球需求反弹以及石油输出国组织和关系密切的非成员国(OPEC+)石油产量低于预期导致供应不确定(IEA, 2022^[48])。一些国家因为乌克兰战争宣布对俄罗斯石油实施禁令。欧盟也从2022年12月开始对俄罗斯原油实施禁运。在美国和国际能源署成员国协调释放库存后,油价略有回落(IEA, 2022^[49])。能源价格波动可能会持续到2023年(世界银行, 2022^[50])。

能源价格对交通运输具有重大影响。石油价格波动会影响运输成本、运输使用水平和运输行为以及可再生能源投资。原油价格上涨很快就会导致运输燃料零售价的上涨。这将增加运输活动的总成本,特别是货运活动,因为集装箱运输费用更高。由于锂和钴等汽车动力电池的主要原材料供应短缺且价格高昂,因此,油价上涨也可能给汽车行业带来压力(Coface, 2022^[51])。

能源价格的急剧上涨还可能直接影响到欧盟的铁路货运市场。欧洲铁路货运协会预计,没有为2022和2023年储备足够能源的铁路货运运营商在未来购买能源时将面临大幅上涨的价格。这些运营商可能会将成本转嫁给消费者,甚至可能被迫退出市场,进而威胁到货运模式转变的进程(ERFA, 2022^[52])。

较高的、不断波动的能源价格也暂时增加了投资转向采掘行业和化石能源的风险。一些国家已经制定计划准备扩大化石气体生产。政策制定者必须部署更多可再生能源来降低这一风险。这样有助于加速清洁能源转型,并提高依赖俄罗斯化石能源的国家能源安全。一些国家已经认识到这一风险并采取了应对措施。《世界能源展望2020》(IEA, 2020^[53])指出,为应对能源危机,政策正以前所未有的速度推动可再生能源投资,加速绿色转型。

欧盟和英国已经宣布了推进部署可再生能源的计划(气候行动追踪组织, 2022^[54])。欧盟委员会的“重新赋能欧盟”计划提议到2030年将可再生能源在整体能源结构中的占比目标从40%更新为45%。(EC, 2022^[30])。该计划还包含系列措施,逐步增加欧盟的绿色氢能生产。同时,德国、新西兰、爱尔兰、意大利和美国的一些州也暂时降低了公共交通票价,以期抑制私人机动车辆的使用,并降低燃料需求(Archie, 2022^[55]; Euronews. green, 2022^[56]; NZ Herald, 2022^[57])。

1.4 展望未来:未来交通运输需求的驱动因素有哪些?

人口增长和全球经济增长带来运输需求的增加,令交通运输政策制定者在满足运输需求方面面临更大压力。这些因素的变化必然会影响未来几年的交通规划和投资决策。各国政府必须应对满足不断

增长的运输需求和实现交通运输减排目标带来的双重挑战。

1.4.1 人口增长意味着交通运输需求增加

联合国经济和社会事务部(UN DESA)预测(2022^[58])，到2050年，世界人口将从2022年的80亿增加到97亿，到2100年，人口将达到104亿。人口的增长受到死亡率下降、当前相对年轻的人口结构以及持续的全球生育率等因素的推动，高速增长的人口意味着出行需求增加。因此，各国政府必须确保以公平和环保的方式满足增长的出行需求。

全球居住在城市地区的人口越来越多。到2050年，城市人口将增加25亿，其中非洲和亚洲约占新增城镇人口的90%(UNDESA, 2019^[59])。城镇化也可能导致城市扩张，从而增加土地的使用和对汽车的依赖(ITF, 2022^[60])。随着城镇化程度越来越高，人口较多的城市也越来越多。2018年，全球有33个人口超过1000万的城市(即所谓的特大城市)。到2030年，全球将有43个特大城市，主要位于发展中地区(UNDESA, 2019^[59])。这将给决策者带来压力，他们必须确保运输和土地利用政策的系统性提高城市及其周边地区的可持续交通接入性。

世界各地区的人口分布将在未来30年发生重大变化，进一步影响运输需求的类型和分布。联合国经济和社会事务部(2022^[58])预测，到2050年，全球超过一半的新增人口来自刚果民主共和国、埃及、埃塞俄比亚、印度、尼日利亚、巴基斯坦、菲律宾和坦桑尼亚联合共和国8个国家。同一时期，61个国家的人口可能会减少1%或更多。预计到2050年，保加利亚、拉脱维亚、立陶宛、塞尔维亚和乌克兰可能出现最显著的人口相对下降，人口将比2022年下降20%或更多。

人口的年龄分布也影响交通政策。人口日益老龄化的国家必须调整其交通系统以满足需求，而工作年龄人口不断增加的国家必须设法满足不断增长的出行需求。到2050年，全球65岁及以上人口将从2022年的10%上升到16%。根据联合国经社部的区域分类(2022^[58])，到2050年，65岁及以上人口比例最高的区域将是欧洲和北美洲(27%)，随后是东亚和东南亚地区(26%)。老年人口比例较高的国家必须落实政策，提高社会保障和养老金计划的可持续性。

1.4.2 交通运输需求增长与经济发展紧密相关

在世界大部分地区，生产总值与货运和客运需求之间都存在密切关系。尽管目前的经济环境普遍存在不确定性，但从长远来看，经济增长预计将持续。因此，预计未来几年，长期运输需求将随着经济发展同步增加。

乌克兰战争爆发前，国际经合组织预计，全球经济在2022年和2023年将继续从新型冠状病毒疫情阴影下复苏(OECD, 2022^[10])。持续的全球疫苗接种、主要经济体落实的支持性宏观经济措施以及有利的金融条件为经济复苏提供了助力，但战争阻碍了全球经济增长，而增加了通胀压力。正当疫情带来的供应链挑战消退之际，战争对全球经济造成了新的冲击。

欧盟对俄罗斯石油和天然气的依赖使其处于乌克兰战争的经济影响之下。欧洲无法在中短期内找到替代品替代俄罗斯天然气，而目前的价格将对通胀产生不利影响。虽然一些国家对俄罗斯天然气的依赖程度更大，但欧元区国家之间贸易相互依赖，因此经济发展将普遍放缓(Coface, 2022^[51])。

根据经合组织(2022^[36])的数据，2022年下半年经济增长依然疲软，2023年将进一步下滑，年增长率降至2.2%。与经合组织2021年12月的预测相比，2023年全球生产总值将下降2.8万亿美元。经合组织预计，2022年和2023年，大多数G20经济体GDP增长缓慢，欧洲2023年的增长幅度相当微小(0.3%)。

在欧盟内部，预计2023年德国和意大利经济将出现负增长；美国经济将增长，但增长率只有0.5%。阿根廷和巴西的增长率也处于相似水平，分别为0.4%和0.85%。中国、印度、印度尼西亚和沙特阿拉伯受到的影响相对较小，2023年的增长率在4.7%~6%之间。表1.2概述了2019—2025年世界各地区生产总值增长预测情况。

2019—2025 年世界各地区生产总值增长预测情况

表 1.2

地区	生产总值增长预测 (%)							2025—2050 年 复合年增长率 (%)
	2019 年	2020 年	2021 年	2022 年	2023 年	2024 年	2025 年	
欧洲	2.2	-3.9	4.6	0.8	1.8	1.8	1.9	2.0
东亚及东北东地区	4.9	-2.5	8.2	3.5	4.0	3.9	3.8	2.5
拉丁美洲和加勒比地区	2.7	-19.7	2.9	2.9	3.1	2.9	2.9	2.6
中东及北非	3.1	-13.1	5.1	3.4	3.5	3.5	3.5	3.5
东南亚	4.7	-6.4	2.8	4.5	4.6	4.4	4.4	3.7
撒哈拉以南非洲	3.0	-9.4	4.2	3.5	2.6	4.2	4.2	4.9
南亚及西南亚	6.2	-7.8	5.2	5.6	6.2	6.0	5.9	4.7
转型经济体和亚太其它地区	2.0	-11.6	2.8	-8.1	1.5	1.6	1.7	2.1
美国、加拿大、澳大利亚和新西兰	2.7	-2.7	3.9	1.5	1.8	1.9	1.9	2.2
全球	3.6	-5.6	5.3	2.4	3.2	3.2	3.2	2.8

资料来源:数据基于 OECD ENV 联动模型, <http://www.oecd.org/environment/indicators-modelling-outlooks/modelling.htm>.

1.5 脱碳目标:《巴黎协定》下的行动进展

全球交通运输尚未走上实现脱碳目标的轨道。2015 年,《联合国气候变化框架公约》(UNFCCC) 缔约方达成了《巴黎协定》。这是一项具有法律约束力的条约,旨在遏制温室气体(GHG)排放。到 2022 年,已有 193 个国家批准同意了《巴黎协定》(UN,2015^[61])。根据该协议,各国同意将全球平均气温升幅控制在远低于工业化前 2°C 的水平,并努力将气温升幅控制在 1.5°C 以内。

为实现这一长期目标,各国计划尽快达到全球排放峰值,以期到 21 世纪中叶实现世界气候中和。《巴黎协定》提出以“顾及公平、共同但有区别的责任和各自能力,考虑不同国情”为指导原则,指出不是所有地区都要以同样的速度脱碳(UN,2015^[61])。

然而,仅依靠迄今为止做出的承诺,全球运输排放的下降速度不足以实现《巴黎协定》的目标,如图 1.4 所示。事实上,虽然一些地区已经采取了具体行动来实现雄心,但如果保持当前水平,交通运输的“油箱到车轮”(TTW) CO₂ 排在 21 世纪 20 年代将继续上升,到 2050 年才略有下降(3%) (详见案例框 1.1)。

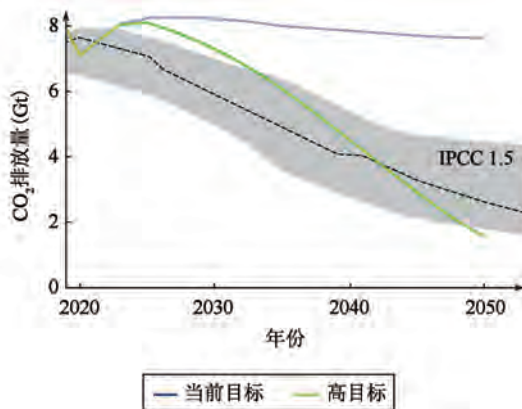


图 1.4 当前目标和当前目标情景下的二氧化碳排放

注:当前目标和当前目标是模拟的两个主要政策情景,代表不同程度的运输脱碳雄心。IPCC 1.5°C 代表政府间气候变化委员会(IPCC)提出的将温度上升控制在 1.5°C 所允许的排放量。排放量的计算以国际评估模型联盟(IAMC)的数据为基础。

来源:(IAMC,2019^[62]);IPCC(2018^[63])。

案例框 1.1 解释交通运输的所有排放

本报告模拟的是从油箱到车轮 (TTW) 的排放,即仅行驶过程中能源消耗产生的排放。此外,还存在与运输活动相关的上游排放。车辆使用的能源或燃料来源在生产过程中固有的排放称为油井到油箱 (WTT) 排放。油井到车轮 (WTW) 排放包括 TTW 以及 WTT,代表与车辆活动相关的总排放。

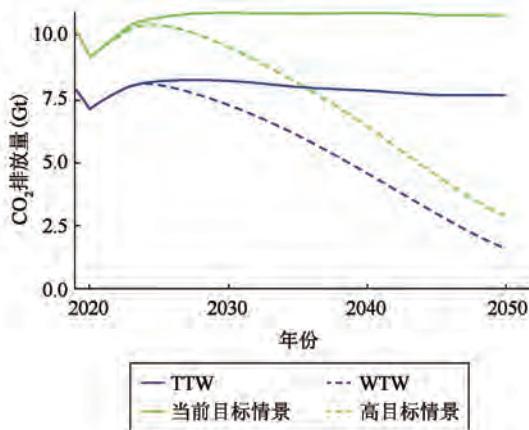


图 1.5 当前目标和当前目标情景下油井到车轮的排放以及油箱到车轮的排放

注:图 1.5 为 ITF 模拟的预测排放情况。当前目标和当前目标是模拟的两个主要政策情景。油箱到车轮 (TTW) 排放 (或称尾气排放) 是因为使用运输工具而产生的,其中不包括油井到油箱排放。油井到油箱排放是油井到车轮 (WTW) 排放的一部分。

如图 1.5 所示,2019 年全球 WTW 排放比 TTW 排放高出 30%。随着车辆效率的提高,WTT 排在运输总排放中所占比例将高于 TTW。《ITF 交通运输展望》主要关注 TTW 排放,以期制定具体政策,加速交通运输脱碳。但与能源领域加强合作,实现燃料和能源在生产 and 分配过程中的脱碳,对于实现全球气候目标也至关重要。

来源:ITF(2019^[9])。

政府间气候变化委员会 (IPCC) 的预测值提供了一个令人深思的基准。如要将全球平均温度上升限制在 1.5°C,则到 2050 年之前必须将运输总排放减少至 20 亿 ~ 30 亿 t (IPCC 第三工作组,2022^[64]; IPCC 第二工作组,2022^[65])。此外,IPCC 的分析表明,要达到《巴黎协定》所要求的水平,交通运输必须比任何其他领域都更快实现脱碳——在 2015 年的基础上将排放量减少 70% ~ 80%。

国际能源署指出,脱碳刻不容缓。为了在 2050 年之前实现净零排放,到 2030 年,运输 CO₂ 排放必须每年下降 3% (IEA,2021^[66])。本报告模拟的当前目标情景表明,全球运输排放到 2050 年之前可减少 80%。要实现这一目标,需要更加雄心勃勃的政策和更快的行动,包括交通模式转变、需求管理以及车辆和燃料改进等措施。

1.5.1 为实现雄心勃勃的目标,国际合作必不可少

在《巴黎协定》框架下,各国提出各自的经济脱碳计划以及如何为实现《巴黎协定》目标发挥自己的作用,即所谓的“国家自主贡献”(NDC;详见案例框 1.2)。在这一协定下,UNFCCC 缔约方每五年更新各自的 NDC,随时间不断更新目标。

2021 年,在苏格兰格拉斯哥举行的 UNFCCC 缔约方会议 (COP26) 标志着第一个 NDC 五年周期结束。根据 ITF 对 COP26 上提交的 NDC 的分析 (ITF,2018^[67];ITF,2021^[68]),许多国家在会议召开前及时增强了对运输脱碳的承诺。值得注意的是,与各国最初提交的 NDC 相比,截至 COP26 召开之际,提及运输脱碳的国家“增加了 19 个百分点,列出措施的国家增加了 22 个百分点,设定目标的国家增加了 8 个百分点” (ITF,2021^[68])。

但 COP26 认为,更新的温室气体减排目标仍不够力度。因此,COP26 协议现要求各国每年更新 NDC。在 COP26 召开后的一年里,只有 32 个(16%) UNFCCC 缔约方及时为 COP27 更新了 NDC,其中一些缔约方未能及时提供上一个周期的更新。联合国指出,各国的碳排放下降曲线仍不足以在本世纪末将全球气温升幅限制在 1.5℃ 以内(IPCC 第三工作组,2022^[64])。

案例框 1.2 追踪国家气候承诺和行动

《巴黎协定》签署后不久,ITF 于 2016 年启动了“运输脱碳倡议”。自此,ITF 开始追踪各国向《联合国气候变化框架公约》(UNFCCC)提交的文件。这些文件,或称国家自主贡献(NDC),明确了各国减少温室气体排放的承诺。ITF 的交通运输 NDC 追踪系统可在线查阅,提供了 NDC 中涉及交通运输的信息。

ITF 的交通运输 NDC 追踪系统: <https://www.itf-oecd.org/ndc-tracker/en>。

于 2020 年启动的 ITF 交通运输气候行动指南为政策制定者提供了一个工具,帮助决策者确定交通运输 CO₂ 减排措施,将脱碳雄心转化为行动,实现气候目标。UNFCCC 已经认可将该指南作为一种工具,帮助决策者在修改 NDC 或制定国家运输脱碳计划时确定相应措施。

ITF 交通运输气候行动指南: <https://www.itf-oecd.org/tcad>。

虽然各国提交的 NDC 中,82% 的 NDC 承认了交通运输的重要性,但只有 18% 的 NDC 提出了具体的运输减排目标(ITF,2023^[70])。在国际层面,各国政府、企业 and 非政府组织一直在努力设立各项程序,支持国际合作,克服人类面临的共同挑战,最大程度地实现运输脱碳的共同利益。

联合国气候变化高级别倡导者和马拉喀什伙伴关系为超过 30 个经济部门制定了一系列高级别路线图(或称“突破”行动)以及到 2030 年之前必须实现的转型目标,以确保按计划推进《巴黎协定》目标(UNFCCC,2021^[69])。

“2030 年突破”行动为交通运输设定了雄心勃勃的目标,重点关注道路运输、民航运输以及水运的能源转型,力求协调各国的国内政策,创造规模经济。这些目标特别关注技术转变,而不是交通需求或交通模式转变。表 1.3 概述了运输脱碳“2030 突破行动目标”的主要内容。

运输脱碳“2030 突破行动目标”的主要内容

表 1.3

交通运输类型/领域	突破行动目标
内燃机(ICE)巴士	在 2030 年之前,零排放车辆(ZEV)在主要市场的巴士销售中占 100%
ICE 重型货车	在 2040 年之前,ZEV 在主要市场的重型货车销售中占 100%
ICE 客车	在 2035 年之前,ZEV 在主要市场的客车和小型货车销售中占 100%
航运	在 2050 年之前,零排放燃料占货运燃料的 100%
空运	在 2050 年之前,可持续航空燃料占全球燃料的 100%

注:四个领先市场分别是中国、欧盟、日本以及美国。内燃机车辆的目标不包括混合动力电动车辆。

资料来源:UNFCCC(2021^[69])。

1.6 设定优先事项:除了交通运输脱碳,还有哪些重要事项?

运输脱碳确实是国际社会的优先事项,但在许多国家,这只是各国政府在追求改善经济、提高人民生活质量时要考虑的众多优先事项之一。对许多发展中国家而言,必须在其它战略优先事项的背景下考虑运输减排,包括,加强互联互通、提高道路安全(详见案例框 1.3)、改善道路网络、推进数字化以及提供公共交通和基本交通基础设施等。

低碳运输措施具有许多潜在的附加效益。最重要的一点是,它们可帮助实现其他经济和社会目标,

例如,在加速交通运输的绿色转型时,还可加强公平性和可及性,改善健康和安全,减少空气和噪声污染以及减缓拥堵。在推进低碳发展的同时,政策制定者必须最大程度地挖掘实现交通运输脱碳总体目标背后蕴藏的机遇。

ITF 还参与了“技术和社会创新推动能源需求转变”(EDITS)跨部门项目。该项目探讨了一个能源需求较低的未来情景,通过主要生活方式、交通行为、基础设施和商业模式的转型,在 2050 年之前减少全球的能源使用,并改善公平性和可持续发展目标(Grubler 等,2018^[71])。

案例框 1.3 清洁运输与安全运输之间没有妥协

联合国可持续发展目标承认道路安全是可持续发展的前提条件之一(UNECE,2020^[72])。各国政府采取不同的方式来实现道路安全。它需要制定基础设施建设标准、车辆设计标准、针对道路使用者的行为法规或开发安全支持系统(WHO,2021^[73])。

当前,大多数道路交通死亡都来自中低收入国家(WHO,2021^[73])。因此,采取行动改善道路安全是这些国家的重要议程。设计安全立交、限制城市中心的道路交通、扩大公共交通以及特别关注弱势交通群体等干预措施有助于实现道路安全,同时改善可持续性交通(ARUP,2020^[74])。

澳大利亚、欧盟和新西兰都制定了长期目标,尽可能实现“交通零伤亡愿景”,致力于减少所有的交通死亡和严重受伤人数,为所有人提供更加安全、健康和平等的出行服务(零愿景行动,日期不详^[75];CINEA,2022^[76])。

1.6.1 改善区域互联互通可增强韧性和市场运转

经济发展有助于改善区域互联互通而促进提高供应链韧性(ESCAP,2020^[77])。通过改善公路和铁路网络增强互联互通是不同地区最常见的优先事项之一。疫情过后,新的投资不断涌入高速公路项目和铁路项目建设。

包括阿根廷、巴西、哥伦比亚和墨西哥在内的若干拉美国家已经拨出专款,用于修复铁路网络,建设新的普通公路和高速公路(阿根廷交通部,2020^[78];Woof,2020^[79];墨西哥政府,2018^[80];牛津商业集团,2017^[81])。

包括孟加拉国、柬埔寨、印度、马来西亚、尼泊尔、菲律宾和越南在内的一些亚洲国家目前都有大型的互联互通项目正在进行中(ITF,2022^[82];ITF,2022^[83])。在亚洲,这些项目通常是为了改善与国内某些地方及偏远地区的联通性,促进区域互联互通。

改善互联互通是北中亚国家的首要任务之一。在这些地区,几乎所有国家都在努力加强公路和铁路网络建设。这类建设主要是为了促进人员流动,增加贸易流量(ITF,2022^[84])。如果这类基础设施投资是绿色投资,则可以降低碳密集型基础设施产生的碳排放风险。决策者必须确保推进这些优先事项时遵循全球交通运输的环保目标。

欧盟也强调加强各国铁路系统互联互通(欧盟理事会,2021^[85])。全欧交通网络(TEN-T)旨在建立一个全面、可靠、无缝衔接的网络,为欧洲地区提供可持续的互联互通交通体系(EC,2021^[86])。美国也进行了大量投资。美国的《通胀削减法案》为货运和客运铁路联通及公路网络带来了十分可观的投资(CleanEnergy.gov,2022^[87];美国联邦铁路管理局,2022^[88])。

贸易走廊在许多国家的优先事项中都占有相对较高的地位。区域贸易便利化对经济发展具有重要意义,因而推动了这类建设。非洲、亚洲、欧洲和拉丁美洲的许多国家正大力投资贸易和经济走廊项目,以提升货运量并降低贸易成本(ADB,2019^[89];ITF,2022^[83];ITF,2022^[82];EC,2019^[90];牛津商业集团,2022^[91])。这些项目旨在利用大容量运输系统克服基础设施瓶颈,特别是在新型冠状病毒疫情后。考

考虑到交通运输的环保目标,相关走廊的任何开发都必须以可持续性为核心。

电气化和铁路现代化仍然是部分地区的优先脱碳战略。一些国家也为铁路发展及铁路网络建设设定了专款资金(IEA,2022^[92]),其中包括高速铁路连接线建设、轨道现代化改造、铁路网络信号系统升级和数字化等,所有这些措施都有助于提高效率并减少 CO₂ 排放。

中国、欧盟、印度和美国都为实现现有铁路网的电气化提供了特定资金(IEA,2022^[92];白宫,2021^[93])。中国、日本、韩国和欧盟还有相当一部分高速铁路轨道是用于客运(IEA,2019^[94])。在澳大利亚、中国和印度,还有一些正在进行中的重大高速铁路建设项目。

多式联运有助于提高运营效率并减少排放,改善物流和升级多式联运枢纽也是许多国家共同的发展趋势。由于运输和库存管理效率低下,一些发展中经济体和新兴经济体面临高昂的物流成本。投资改善仓储、实现流程数字化,对整个物流链的经营进行整合和优化,是许多新兴经济体的优先事项。

许多非洲和亚洲国家都将多式联运视为提高供应链效率和降低物流成本的关键因素(Okyere 等,2019^[95];ITF,2022^[82];ITF,2022^[83])。加强联合运输和多式联运还能提高可及性和互联互通水平,这也是推动运输需求转向清洁运输模式的必备条件。

1.6.2 改善公共交通、共享交通和主动出行服务将加速脱碳

随着城镇化的快速发展和客运及货运需求的持续增长,政府不得不追加投资,建设城市交通基础设施,满足不断增长的需求。特别是在发展中经济体和新兴经济体,要扩大城区,势必要建设城区道路网络、公共交通系统和枢纽站场。

世界各地的城市都在寻求以可持续的方式应对日益增长的交通需求。例如,建设快速公交系统(BRT)走廊、铺设轻轨交通,以及贯彻公共交通优先策略并实现电气化。土地利用规划的协调整合和以公共交通为导向的开发规划也有助于满足日益增长的运输需求,同时改善城市交通的可及性和可持续性。

建设一个互联、包容的一体化主动出行系统对实现清洁交通愿景具有重要的积极作用。除了改善公共交通,许多欧洲国家和一些亚洲及拉美国家也会将加强主动出行基础设施建设作为优先事项(欧洲议会,2020^[96];UITP,2020^[18])。这些国家通过加强自行车和步行基础设施以及重新分配城市空间来改善主动出行环境。

最后,探讨低碳解决方案仍然是交通部门的全球议程。这些解决方案包括实现电气化以及鼓励转向清洁燃料,以减少交通运输碳排放。交通运输是促进经济增长和社会包容性的驱动因素,对一些国家而言,优先任务仍然是利用交通运输促进经济和社会发展。然而,作为一个高排放领域,交通运输必须在减缓和适应气候变化方面发挥自己的作用。

发展中经济体和新兴经济体面临着双重挑战,既要提供公平、可及、可负担的出行服务和更好的货运服务,又要最大限度地减少碳排放。要实现交通运输的可持续发展目标,就必须在交通规划、设计和建设中考虑到交通的整个影响范围。投资清洁技术和燃料、高质量公共交通车辆以及广泛可用的主动出行解决方案,有助于交通运输部门在实现发展目标的同时,保障气候目标。

本章要点

- (1) 交通运输在疫情后的复苏比预期中更快,但仍面临巨大挑战。
- (2) 能源市场的波动以及运输成本危机使运输脱碳愈发困难。
- (3) 运输减排虽有进展,但未来几年的减排速度仍不足以实现国际社会的气候目标。
- (4) 虽然已经为脱碳目标建立了相关机制,但这些机制需设定更具雄心的目标。
- (5) 许多政府面临着平衡国家优先发展事项与气候承诺的挑战。

第 2 章 交通运输脱碳:未来情景

本章将介绍本报告中两个模拟情景的政策设定。当前目标情景讨论的是当下的政策和即将履行的政策承诺,而高目标情景设想的政策路径加快了脱碳时间表或是加大了规模。随后,本章将预测当前目标和高目标情景下未来的客运和货运需求以及相关的碳排放情况。

本章概要

实现脱碳目标已刻不容缓,加快行动速度势在必行。

交通运输是全球经济的重要部分。交通运输带来各种机遇,让国家实现经济发展和社会福祉。但交通运输面临着严峻挑战:如何在满足不断增长的运输需求的同时减少 CO₂ 排放。对于全球交通运输而言,解决空气质量糟糕问题、减缓交通拥堵以及提高公平性都是同等重要的任务。

交通运输占全球能源相关 CO₂ 排放的 23%。交通运输也间接增加了对能源的需求。交通基础设施建设、车辆制造和燃料生产都会产生温室气体排放。由于车辆和基础设施使用年限都很长,使得交通运输行业锁定了未来的排放量。

本报告针对未来的运输政策以及到 2050 年之前它们对需求和排放的潜在影响模拟了两种情景。当前目标情景代表一切照旧,该情景预测的是现有承诺的潜在影响,包括根据《巴黎协定》制定的国家自主贡献。

相比之下,高目标情景假设政策制定者将加快运输脱碳行动。这个情景模拟了具体政策目标的影响,包括提供替代私人机动车辆的后备选项、加强公共交通服务、改善步行和骑行设施,以及提高货运效率等。

一些地区当前的脱碳努力将随着时间的推移逐渐产生影响,到 2050 年,交通运输的 CO₂ 总排放将略有下降。然而,“一切照旧”产生的脱碳效果并不足以实现《巴黎协定》的目标。根据预测,在当前目标情景下,客运活动的碳强度比货运活动下降得更快。

如果不采取果决行动,交通运输将继续成为全球二氧化碳排放的主要来源之一。打破碳排放与运输活动之间的联系变得日趋紧迫。实现交通运输的脱碳需要更强的政策雄心和国际合作。但是,针对特定的交通方式、经济和地理环境,解决方案会有所不同。

国际运输论坛(ITF)每两年都会根据内部运输模型描述全球交通运输当前的发展趋势和未来前景。《ITF 交通运输展望 2023》预测了货运和客运的长远需求。报告利用当前目标情景和高目标情景两种不同的政策情景,量化了交通运输可能产生的二氧化碳(CO₂)排放量。

ITF 的模型让我们能够评估这两种情景下货流和客流的变化。该模型还考虑了干扰因素和政策干预造成的外部影响。对每一种政策情景,该报告都研究了生产总值增长、人口变化和人口聚集中心对运输需求的影响。报告还概述了不同政策在运输脱碳中可能发挥的潜在作用。

本章概述了 ITF 当前目标和高目标模拟情景下设定的各项行动,并总结了本报告关于客

运和货运需求及排放的预测结果。

主要启示：

(1) 交通运输是经济社会发展的核心,但也二氧化碳排放的主要行业之一。

(2) 本报告模拟了 2050 年关于运输需求和二氧化碳排放的两种情景,一种情景是由已宣布或现有的政策决定的(当前目标情景),另一种情景假设更雄心勃勃的脱碳措施(高目标情景)。

(3) 总体而言,这两种情景表明:随着时间的推移,当前的政策将开始在全球范围内产生影响,到 2050 年,交通运输行业二氧化碳排放量将略有下降。

(4) 然而,继续现有的政策措施不会对交通运输行业二氧化碳排放产生足够的影响,尚无法实现《巴黎协定》的目标。

(5) 目前迫切需要打破运输活动与二氧化碳排放之间的联系,这需要更大的雄心和更多的国际合作。

2.1 提升政策雄心:交通运输的核心角色

交通运输对于可持续发展三大支柱:经济、环境和社会至关重要。交通提供了获得机会、服务和社会生活的渠道;交通使货物和人员的流动成为可能。交通运输在人类生活中占有重要地位,因此尤其容易受到全球危机的影响。新型冠状病毒疫情期间对出行和行动的的限制直接影响了交通运输,而当前世界能源危机又导致燃料成本大幅上涨(见第 1 章)。

自《ITF 交通运输展望 2021》于 2021 年发布以来,世界又经历了更多极端气候事件,包括造成毁灭性破坏的洪水、创纪录的高温以及大范围的山火。这些事件不仅对生命、栖息地造成灾难性的损失,还带来了破坏性的经济影响,凸显出采取行动的紧迫性。交通运输约占全球能源相关 CO₂ 排放的 23% (IEA, 日期不详^[1]),是脱碳的关键重点领域。本报告的结果表明,交通运输仍未走上脱碳轨道,但我们可以采取行动纠正这一情况。

人口变化、经济发展和土地利用趋势会影响运输活动。但这些趋势往往超出了运输政策措施的范畴。以经济增长为例,生产总值 GDP 增加,抛开它对排放的影响,对许多政府而言,这都是一种积极趋势。因此,我们必须找到能够涵盖更广泛目标的运输政策措施,推动相关的运输活动脱碳,同时考虑到不同地区的需求。

交通运输脱碳也代表着明显改变了“一切照旧”的思维模式,我们可以重构交通运输系统并重新考虑其带来的更广泛的好处,例如,空气更加干净、对石油的依赖减少以及城市更宜居。要转向更绿色、更清洁和更具韧性的运输系统,必须提供可负担、安全且包容的运输服务。联合国预测,到 2050 年,世界 68% 的人口将生活在城市中(UNDESA, 2019^[2])。

2015 年,交通尾气排放导致大约 38.5 万人过早死亡(Anenberg 等, 2019^[3])。交通运输是对化石燃料依赖程度最高的领域(IEA, 日期不详^[4])。运输脱碳要求车辆不再使用化石燃料作为能源。据估算,2022 年,向零排放汽车和小型货车过渡每天可节省近 170 万桶石油(BloombergNEF, 2022^[5])。规划低碳交通系统,摒弃排放有害污染物的技术,也有助于确保城市在容纳更多人口的同时变得更宜居。

2.2 交通运输脱碳:两种未来情景

本报告重点关注如何让全球交通运输从现在起到 2050 年根据《巴黎协定》实现 CO₂ 减排目标。利用

ITF 的内部全球运输模型(见案例框 2.1),报告预测了当前目标和高目标两种具体政策情景的潜在影响。

当前目标情景深入分析了在继续当前运输政策的条件下,未来几十年运输需求和排放将如何演变。与之不同,高目标情景则是探究更具雄心的运输脱碳政策带来的影响。

本报告模拟了当前目标和高目标情景在四个主要领域可能产生的影响:城市客运需求和出行模式选择、非城市客运需求和出行模式选择、货运需求和运输模式选择以及转更清洁的车辆过渡。下文将详细描述这两种情景。第 3~6 章讨论了这两种情景从现在起到 2050 年在世界不同地区的发展情况,以及交通运输 CO₂减排的一些相关效益。

客运活动需求划分为三种活动类型:①城市客运,即城市区域内的出行活动;②地区客运,即城区以外的国内出行;③国际和城际客运,即跨越国际边界的出行或国内城市之间的出行(见图 2.1)。货运活动也有类似的划分:①城市货运,即城市区域内的货运活动;②国内货运,即城区之外但国界之内的货运活动;③国际货运,即跨越国际边界的货运活动。

非城市客运的出行类型比城市客运更多。国际和城际客运可能会有大量人员往返于相同的起点和终点。地区客运的出行模式更分散,每个出发地和目的地的人口密度可能较低。平均而言,非城市出行的距离也往往更长。多样的出行模式加上较远的出行距离意味着非城市出行比城市出行更难减排。

案例框 2.1 ITF 模拟框架

ITF 开发了一系列模拟工具用于建立自己的运输活动情景。这些工具覆盖了所有运输模式以及所有货运和客运活动,在同一个框架下测试政策以及科技发展对运输活动和 CO₂排放的影响。

城市客运模型

城市客运模型综合了各种来源的数据,形成了一个广泛的全球城市交通数据库,涵盖 18 种出行模式。该模型可估算出城市居民出行次数、出行距离、出行模式选择、出行模式次数占比、旅客周转量、车辆公里数与相关的 CO₂和污染物排放,以及可及性指标、空间消耗指标和交通事故风险指标等。

非城市客运模型

非城市客运模型可估算出所有可用于城市之间出行(包括城际和国际出行)以及本地非城区出行(地区出行)的交通模式的乘客出行次数、旅客周转量、车辆公里数以及相关的 CO₂排放,并能考虑到多模式出行活动。

城市货运模型

城市货运模型可以估算出城市货运次数、运输距离、运输模式分配、货物周转量、车辆公里数、货物重量和相关的 CO₂及污染物排放。该运输模式运用创新方式攻克了常见的城市货运活动数据缺失问题。

非城市货运模型

非城市货运模型将所有主要运输模式的货流分配到特定的路线和网络上。该模型将国家货运活动数据(以周转量计)与经合组织 ENV-Linkages 贸易模型相结合,按运输模式和商品类型估算出货物周转量和车辆公里数。

车辆模型

车辆模型是为本报告最新开发的模型,结合了全世界车辆的车龄和技术数据以及 ITF 客运和货运模型对每种车辆类型和地区预测的车辆公里数。该模型根据这些数据,利用报废概率估算出车辆随时间变化的车况变化。结合对未来车辆的预测以及技术应用和能源效率情景,估算出 CO₂和污染物的排放。

来源:<https://www.itf-oecd.org/itf-modelling-framework-1>。

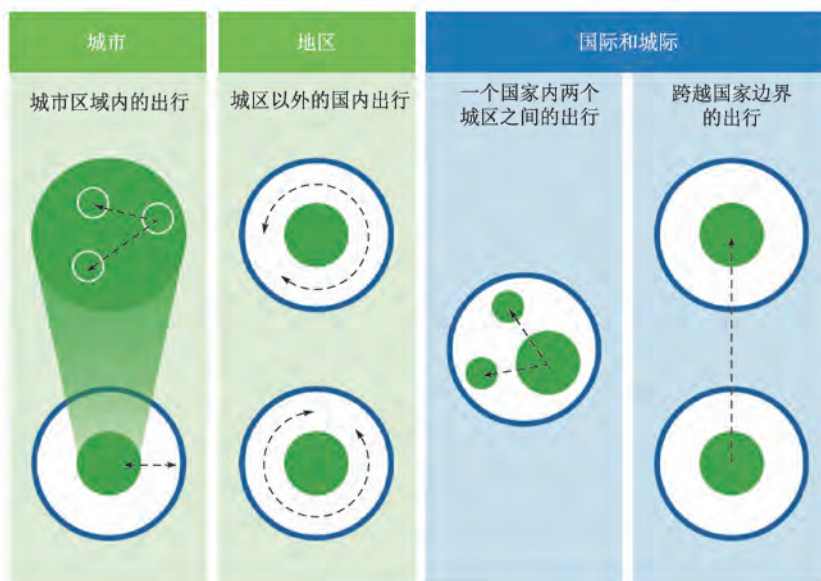


图 2.1 ITF 交通运输展望对客运活动的分类
注:每个绿色圆点代表一个功能城区。蓝色实线代表国家边界。箭头和虚线代表指定的出行类型。

2.3 当前目标情景:预测当前承诺的影响

当前目标情景反映出全球对交通运输必须脱碳的普遍认识。该情景考虑的是国家和地区管理政策、发展战略和法规中的现有政策和即将履行的政策承诺。该情景设定了当前全球的政治和经济状况。该情景还反映出一个现实:尽管许多脱碳计划进展缓慢,但如果考虑到全球范围内的实施,进展的速度则更加缓慢。

当前目标情景描述的是将现有雄心转化为行动,并采取了早期行动。然而,这些行动的规模因地区而异。当前目标情景中的措施包括旨在取代内燃机(ICE)车辆的政策或技术创新、需求管理和交通模式转变、投资可替代私人机动车辆的有吸引力且可持续的交通选项以及提高效率并改善运营等。下面各小节和附表说明了在当前目标情景下未来三十年的政策路径。

2.3.1 当前目标情景下的城市客运需求和出行模式选择

当前目标政策情景针对客运需求(表 2.1)设定政府和其他行为者逐步引入经济手段,通过加强交通基础设施建设、改善运输服务、落实监管及其他措施,实现交通运输的脱碳。所有这些行动都反映了当前的政策承诺,假设这些承诺得以履行。该情景设定的城市政策包括若干定价措施,例如拥堵定价、停车定价以及碳定价。许多地区还引入了针对私人机动车辆进入城市空间停车的限制措施,以及投资扩建自行车和行人基础设施等措施。随着 2050 年的临近,预计各国政府将更有力地执行现有和新的监管措施(例如限速及停车限制等)。

当前目标政策情景对城市客运需求和出行模式选择的设定

表 2.1

21 世纪 20 年代	21 世纪 30 年代	21 世纪 40 年代
世界各地制定或加强经济手段,包括碳定价、公路定价和停车定价	执行碳定价,碳价格达到每吨二氧化碳(CO ₂)35 ~ 100 美元。实施公路定价后,非能源相关汽车使用成本将增加 2.5%。停车费预计将上涨 20%	执行碳定价,碳价格将达到每吨 CO ₂ 65 ~ 200 美元。实施公路定价后,非能源相关汽车使用成本将增加 5%。同时,停车费预计将进一步上涨,涨幅可达 40%

续上表

21 世纪 20 年代	21 世纪 30 年代	21 世纪 40 年代
世界各地开始加强或进一步强化运输基础设施,包括扩建自行车和步行交通网络,建设并扩大公共交通系统,以及建设公共汽车快速车道	骑行和步行基础设施网络增加 6% ~ 100%,公共交通系统扩大 34%。同时,快速车道或优先车道占到公共汽车网络的 14%,综合售票后,公共交通票价下降 0.5% ~ 2.5%	骑行和步行基础设施网络增加 13% ~ 200%,公共交通系统扩大 67%。同时,快速车道或优先车道占到公共汽车网络的 27%,综合售票后,公共交通票价下降 1% ~ 5%
世界各地开始改善或进一步提升交通服务,包括优化公共交通服务,鼓励共享出行,出台拼车政策以及支持“出行即服务(MaaS)”	公共交通服务水平变化幅度在 -4% ~ 10%之间。人均共享车辆数量增长 0% ~ 67%。私人机动车辆平均载客率提高 1.1% ~ 2.8%。同时,MaaS 系统的公共交通和共享出行票价下降 0.3% ~ 3.4%	公共交通服务水平变化幅度在 -7% ~ 20%之间。人均共享车辆数量增长 0% ~ 134%。私人机动车辆平均载客率提高 2.3% ~ 5.6%。同时,MaaS 系统的公共交通和共享出行票价下降 0.6% ~ 6.7%
逐渐加强落实一套广泛的监管措施,包括限速、限制停车以及城区限车机制	速度上限下降 0.6% ~ 10%。1.6% ~ 17%的城市地表面积设有停车限制。汽车保有量下降 5.9%	速度上限下降 1.3% ~ 20%。3.3% ~ 34%的城市地表面积设有停车限制。汽车保有量下降 11.7%
逐步完善其他措施,包括土地利用政策和以公共交通为导向的开发。 其他变化,如电子远程办公等在疫情后仍然流行	平均人口密度变化幅度在 -3.4% ~ 6.7%之间。土地综合利用增加 1.7%。电子远程办公等外部变化在疫情后仍然流行。0.8% ~ 6.7%的在职人口长期电子远程办公	平均人口密度变化幅度在 -6.7% ~ 13.4%之间。土地综合利用增加 3.3%。电子远程办公等变化在疫情后仍然流行。1.6% ~ 13.4%的在职人口长期电子远程办公

随着人口密度增加,一些地区开始逐步引入土地规划和以交通为导向的开发方案,预计一些新兴经济体的城市人口将快速增长。如果不采取上述措施,预计在 21 世纪 30 和 40 年代,城市人口密度将下降。新型冠状病毒疫情期间,人们转向电子远程办公,这一趋势预计将继续有所增强。这在高收入国家尤其明显,因为这些国家的行业更适合远程工作。

在该情景下,管理部门还将逐步改善交通基础设施并适度增加对公共交通系统的投资,但规模不算太大。例如增加公交专用道,一些地区通过综合售票促进了公共交通费用下降。

公共交通运营商、管理部门和监管机构在一定程度上改善公共交通的覆盖范围、路线和频次,以满足交通需求,提高服务水平。而一些地区缺乏改善公共交通的政策,导致未来几十年服务水平下降。虽然共享车辆越来越普遍,但拼车只略微提高了乘客满载率。

2.3.2 当前目标情景下的非城市客运需求和出行模式选择

当前目标政策情景针对非城市客运需求(表 2.2)设定政府及其他主体将在一定程度上推进这一难以减排的行业向脱碳转型。该政策情景侧重于投资铁路基础设施建设、实施对非城市出行模式的碳定价、航空机票定价调整,并最终执行短途航班禁令。

当前目标政策情景对非城市客运需求和出行模式选择的设定

表 2.2

21 世纪 20 年代	21 世纪 30 年代	21 世纪 40 年代
—	大多数高收入国家将在城区以外投资铁路和铁路网络电气化,提升铁路交通的频次和速度。一些高收入国家制定规划发展高速铁路	大多数高收入国家和一些中等收入国家将在城区以外投资铁路和铁路网络电气化,提升铁路交通的频次和速度。一些高收入国家制定规划发展高速铁路
没有采取针对性行动鼓励城区以外使用长途客车或共享出行模式	没有采取针对性行动鼓励城区以外使用长途客车或共享出行模式	没有采取针对性行动鼓励城区以外使用长途客车或共享出行模式
执行碳定价政策,各地区碳税达到每吨二氧化碳(CO ₂)15 ~ 35 美元	执行碳定价政策,各地区碳税达到每吨 CO ₂ 35 ~ 100 美元	执行碳定价政策,各地区碳税达到每吨 CO ₂ 65 ~ 200 美元

续上表

21 世纪 20 年代	21 世纪 30 年代	21 世纪 40 年代
按照机票价格的一定比例征收航空机票税,各地区税率在 0% ~ 2.5% 之间	按照机票价格的一定比例征收航空机票税,各地区税率在 1% ~ 7.5% 之间	按照机票价格的一定比例征收航空机票税,各地区税率在 2% ~ 15% 之间
—	—	高收入地区引入短途航班禁令(即距离小于 500km),鼓励有条件的地方使用高质量铁路交通服务

在当前目标情景下,从 21 世纪 30 年代开始,各国投资非城市铁路网络,其中一些高收入国家将投资具有商业前景的铁路电气化改造等项目。到 21 世纪 40 年代,一些中等收入国家开始效仿。虽然高收入国家推进了铁路改善计划,但并未以相同的力度推行共享和集体非城市客运模式。

各地区政府将在 21 世纪 20 年代实施碳定价政策,每吨二氧化碳(CO₂)征收 15 ~ 35 美元的碳税。21 世纪 30 年代,碳价格上升至每吨 CO₂ 最高 100 美元,21 世纪 40 年代升至每吨 CO₂ 最高 200 美元。与此同时,民航出行开始征收机票税,从 21 世纪 20 年代开始按照机票价格的 2.5% 征收,到 21 世纪 40 年代税率可上升至 15%。

2.3.3 当前目标情景下的货运需求和运输模式选择

当前目标政策情景针对货运需求(表 2.3)设定政府为城市货运实施各种措施,以发展可持续城市物流。城市货运脱碳措施已经得以落实,例如设置更多的包裹取/送点,限制货车进入特定区域,“最后一公里”配送中货运电动自行车的使用量激增。到 21 世纪 40 年代,这些新的运输模式和措施已经和城市物流空间融为一体。

当前目标政策情景对货运需求和运输模式选择的设定

表 2.3

21 世纪 20 年代	21 世纪 30 年代	21 世纪 40 年代
缓慢推行城市货运脱碳措施。包裹取/送点及资产共享呈线性增长。在更广泛范围内实施区域进入限制。同时,在各种商品最后一千米的配送中货运电动自行车的使用呈指数级增长	货运自行车的使用保持指数级增长,一直到 2035 年,增速开始放缓,但依然保持线性增长。限制进入的区域保持线性增长,速度是 20 年代的一半。包裹取/送点及资产共享保持原有的增长速度	21 世纪 20 和 30 年代所有发展趋势在城市物流体系中日趋稳定。所有措施继续以原有的速度扩大覆盖范围
鼓励使用大容量车辆(公路牵引车),推动城际货运作出改变。到 2025 年,公路货运的平均载重利用率(载重系数)将增长 10%	公路牵引车开始产生更大的影响,增加货车载货量,降低单位货运周转量的成本	载重系数继续增长,2050 年的载重系数比 2019 年高 25%
鼓励公路运输按距离收费并引入政策讨论	2030 年开始实施按距离收费,且费用开始不断上涨	21 世纪 40 年代,以距离为基础的收费价格进一步增加
航运领域鼓励减速航行和智能航行,减少排放	船舶减速促进效率提升 5%	船舶减速促使效率比 2019 年提高 10%
数字化转型战略利用近实时数据减少运输过程中与铁路段或水路段联运时的停留时间	运输时间缩短使多式联运方案更具吸引力,但改善程度不如高目标情景	多式联运方案的运输时间继续缩短,但下降速度比高目标情景更慢
逐步引进针对铁路、水路和港口基础设施的运输网络改善计划并提供资金。		
—	引进碳定价机制,但各地价格水平各不相同	各地碳定价依然存在差异,而且海运模式和其它模式之间的碳价格也存在差异。每吨 CO ₂ 价格在 150 ~ 250 美元之间

续上表

21 世纪 20 年代	21 世纪 30 年代	21 世纪 40 年代
石油和煤炭类大宗商品的贸易和消费开始减少,直接影响到化石燃料的货运需求以及与此类商品贸易相关的货运活动	其他大宗商品贸易持续增长,而石油和煤炭贸易增长幅度较小	其他大宗商品贸易持续增长,而石油和煤炭贸易增长幅度较小

对于非城市货运,未来 30 年将逐步推出提高货运效率和降低碳强度的措施,并推进运输网络改善计划。

基于距离的公路运输定价是另一种可用于促进货物运输效率的措施。在 21 世纪 20 年代,这一措施已经成为政策讨论的对象,但直到 21 世纪 30 年代才开始实施。货运行业到 21 世纪 30 年代才引入碳定价,而且不同地区的碳定价水平各不相同。到 21 世纪 40 年代,各地的碳定价依然存在差异,而且海运模式的碳定价和其他运输模式之间也存在差异。预计到 2050 年,碳价格达到每吨 CO₂ 150 ~ 250 美元。

减速航行和智能航行是航运业减排的两项措施。21 世纪 20 年代,在当前目标情景下,政府开始向运营商提供激励措施,鼓励他们转向低排放航运。到 21 世纪 30 年代,船舶速度的总体降低使效率提升 5%。到 21 世纪 40 年代,效率比 2019 年提高 10%。

21 世纪 20 年代,多式联运开始引入数字化管理方案,缩短不同运输模式之间的转换时间,尤其是铁路和水路之间的转换。虽然多式联运的可行性有所提升,但在当前目标情景下,21 世纪 30 年代和 40 年代的改善仍然不够充分。与此同时,逐步引入针对铁路、水路和港口基础设施的交通网络改善计划开始分阶段实施和资金投入。

除了交通运输政策,当前目标情景还假设:21 世纪 20 年代,石油和煤炭类大宗商品的贸易(和消费)将减少。此类减少预计将直接影响货运的化石燃料需求和与贸易有关的货运活动。然而,到 21 世纪 30 年代和 40 年代,石油和煤炭贸易虽有增长,但增长幅度低于其他大宗商品贸易。

2.3.4 当前目标情景下向清洁车辆的转变

当前目标政策情景针对发展清洁车辆(表 2.4)设定政府制定一系列措施鼓励转向零排放车辆(ZEV)。过渡速率取决于车辆更替的历史趋势以及当下创新替代燃料方面的进展和政策,包括生物燃料和可持续航空燃料(SAF)。

当前目标政策情景对转向清洁车辆的设定

表 2.4

21 世纪 20 年代	21 世纪 30 年代	21 世纪 40 年代
车辆销量继续保持历史趋势。在既有燃油经济性标准的推动下,沿着以往的趋势,车辆效率不断提升	完成零排放车辆(ZEV)销售的强制目标和理想目标。到 2035 年,欧盟成员国和 COP 26 中加速转向汽车零排放联盟宣言的签署国实现 100% 的 ZEV 销售	有既定目标的国家和地区完成了 ZEV 销售的强制目标和理想目标
—	零排放中型和重型车辆全球谅解备忘录(MOU)签署国在 2030 年完成重型货车(HGV)销售 30% 为 ZEV 的目标	零排放中型和重型车辆全球 MOU 签署国在 2040 年完成 HGV 销售 100% 为 ZEV 的目标
设有明确目标的国家完成道路燃料的生物燃料混合目标,包括芬兰、印度、印度尼西亚和英国	设有明确目标的国家完成道路燃料的生物燃料混合目标,包括阿根廷、芬兰、印度、印度尼西亚和英国	—
欧盟和美国分别根据“ReFuel 欧盟航空倡议”和“可持续航空燃料大挑战”倡议(见备注)设定的雄心引入可持续航空燃料(SAF)命令	欧洲和美国进一步强化 SAF 命令	到 2050 年,欧洲航空燃料 85% 为 SAF,美国 100% 为 SAF

注:燃料碳强度的估算依据 Yoo, Lee 和 Wang(2022^[7])以及 Ueckert 等人的研究(2022^[8])。

21 世纪 20 年代,车辆的更替继续保持以往的趋势,意味着 ZEV 将在全球车辆中占据越来越高的比例。到 21 世纪 30 年代,各国开始实现各自宏伟的 ZEV 目标,有些国家的 ZEV 销量甚至能达到 100%。这一趋势将持续到 21 世纪 40 年代。

相比之下,中型和重型车辆(即货车)进展比较缓慢。直到 21 世纪 30 年代,签署了货运交通转向 ZEV 全球谅解备忘录的国家才开始实现自己的目标。但即便如此,到 21 世纪 30 年代末,也只有 30% 的货运车辆属于 ZEV,直到 21 世纪 40 年代某个时间段,才能实现货运 ZEV 销量达到 100% 的目标。

同时,21 世纪 20 年代,一些国家设定鼓励使用含有生物燃料的交通燃料,这种燃料产生的排放更少,而且经济可行性越来越高。就航空业而言,21 世纪 20 年代,欧盟和美国颁布了使用可持续航空燃料(SAF)的规定,这些规定随着时间的推移越来越成功。到 2050 年,SAF 将占到欧洲航空燃料的 85%,占到美国航空燃料的 100%。

2.4 高目标情景:脱碳的必经之路

高目标情景在当前目标情景政策的基础上,设想了一条加快脱碳时间表或加大脱碳规模的政策路径。该情景探讨的是实施更有力的政策鼓励以可持续交通发展将产生的影响。该情景考虑了全球交通运输“2030 突破”行动的目标实现(UNFCCC,2021^[6])。

“2030 突破”行动包含许多雄心勃勃的目标,包括停止新购置内燃机车辆、推广可持续航空燃料,以及在海运领域采用零排放燃料等。下面各小节及附表列举了高目标情景下设定的政策路径在未来三十年可能产生的影响。

2.4.1 高目标情景下的客运需求和出行模式选择

高目标政策情景针对城市客运需求(见表 2.5)设定管理部门已经部署城市交通战略,确保大家使用最可持续的交通模式和最清洁的车辆。在本报告考虑的所有政策措施中,实现城市客运模式转变和需求管理的措施数量最多,例如,推广 ZEV。

高目标政策情景对城市客运需求和出行模式选择的设定

表 2.5

21 世纪 20 年代	21 世纪 30 年代	21 世纪 40 年代
世界各地制定或加强经济手段,包括碳定价、公路定价和停车定价	执行碳定价,碳价格达到每吨二氧化碳(CO ₂)65~150 美元。公路定价政策使非能源相关汽车使用成本增加 0.8%~9%,而停车费将上涨 6%~50%	执行碳定价,碳价格将达到每吨 CO ₂ 130~200 美元。公路定价政策使非能源相关汽车使用成本增加 1.8%~18%,而停车费将上涨 13%~100%
世界各地开始加强或进一步强化运输基础设施,包括扩建自行车和步行网络,建设并扩大公共交通系统以及建设公共汽车快速车道	骑行和步行基础设施网络增加 13%~167%,公共交通系统扩大 67%。同时,3%~20% 的公共汽车网络获得优先地位,综合售票后,公共交通票价下降 0.5%~4.2%	骑行和步行基础设施网络增加 26%~334%,公共交通系统扩大 134%。同时,6%~40% 的公共汽车网络获得优先地位,综合售票后,公共交通票价下降 1%~8.4%
世界各地开始改善或进一步提升交通服务,包括优化公共交通服务,鼓励共享出行,出台拼车政策以及支持“出行即服务(MaaS)”	公共交通服务水平增长 3%~17%。人均共享车辆数量增长 1%~100%。私人机动车辆平均载客率提高 2.5%~5.6%。同时,MaaS 系统的公共交通和共享出行票价下降 0.6%~6.7%	公共交通服务水平增长 6%~34%。人均共享车辆数量增长 3%~200%。私人机动车辆平均载客率提高 5.1%~11.2%。同时,MaaS 系统的公共交通和共享出行票价下降 1.3%~13.4%
逐渐加强落实一套广泛的监管措施,包括限速、限制停车以及城区限车机制	速度上限下降 1.6%~16.7%。2.3%~25% 的城市地表面积设有停车限制。汽车保有量下降 1.1%~8.4%	速度上限下降 3.3%~33.4%。4.6%~50% 的城市地表面积设有停车限制。汽车保有量下降 2.3%~16.7%

续上表

21 世纪 20 年代	21 世纪 30 年代	21 世纪 40 年代
逐步完善其他措施,包括土地利用政策、以公共交通为导向的开发以及提倡电子远程办公等	平均人口密度增加 13.4%。土地综合利用增加 2.5%。1.1% ~ 10% 的在职人口长期电子远程办公	平均人口密度增加 26.7%。土地综合利用增加 5%。2.3% ~ 20% 的在职人口长期电子远程办公

该情景设定管理部门逐步引入经济手段,加强交通基础设施建设,改善交通服务,落实监管及其他措施,以期实现交通运输的脱碳。但与当前目标情景不同的是,这些行动和措施将在 21 世纪 30 和 40 年代以更快的速度加以落实。

高目标情景设定城市管理部门引入拥堵收费和停车收费。政府还引入碳定价机制,鼓励使用更清洁的车辆。对私人机动车辆加以限制,并减小城区内的停车容量。这些措施旨在削弱汽车在城市环境中的主导地位,并解决汽车使用带来的一些外部成本问题。这些定价措施也能成为重要的收入来源,为改善公共交通和主动出行基础设施提供资金。在该情景下,管理部门逐步加强旨在提高城市安全和宜居性的监管措施,到 21 世纪 40 年代,车辆限速的上限将下降三分之一。

同时,私人机动车辆的替代选项也在改进,其吸引力不断增加。公共交通网络和服务不断加强,例如增加公交频次、引入公交专用车道、综合售票以及为主动出行、BRT 和铁路交通扩建基础设施。与当前目标情景相比,高目标情景对自行车和行人基础设施的投资水平更高,对公共交通系统的投入也明显更多。

重要的是,高目标情景设定城市规划将发生长远的系统性变革。这意味着城市将综合规划土地和交通系统,确保城市居民更容易获得社会机遇和就业机会以及更接近公共交通站点。这些措施将增加城市人口密度并改变土地利用结构。在主导产业适合远程工作的地区,远程办公的比例也有所增加。

2.4.2 高目标情景下的非城市客运需求和出行模式选择

高目标政策情景针对非城市客运需求(表 2.6)设定政府和其他行为者将为非城市客运脱碳作出更大的努力。管理部门更加关注对铁路基础设施及共享和集体交通模式(包括长途客车)的投资、碳定价、航空机票税以及实施短途航班禁令等。

高目标政策情景对非城市客运需求和出行模式选择的设定

表 2.6

21 世纪 20 年代	21 世纪 30 年代	21 世纪 40 年代
大多数高收入国家将在城区以外加大投资铁路和铁路网络电气化,提升铁路交通的频次和速度	加大投资铁路和铁路网络电气化成为世界各地区的优先事项。铁路交通频次和速度不断提升,成为越来越具竞争力的出行选项。一些国家制定了雄心勃勃的高速铁路发展计划	得益于对城区以外铁路的持续投资,可替代短途航班的可行交通越来越多。铁路电气化持续推进,频次和速度不断提升,新的高速铁路交通持续铺设
引入激励措施,鼓励地区和城际出行使用长途客车及拼车等集体出行模式	继续实行激励措施,鼓励地区和城际出行使用长途客车及拼车等集体出行模式	继续实行激励措施,鼓励地区和城际出行使用长途客车及拼车等集体出行模式
执行碳定价政策,各地区碳税达到每吨二氧化碳(CO ₂)35 ~ 50 美元	执行碳定价政策,各地区碳税达到每吨 CO ₂ 65 ~ 150 美元	执行碳定价政策,各地区碳税达到每吨 CO ₂ 130 ~ 200 美元
按照机票价格的一定比例征收航空机票税,各地区税率在 0% ~ 5% 之间	按照机票价格的一定比例征收航空机票税,各地区税率在 3% ~ 15% 之间	按照机票价格的一定比例征收航空机票税,各地区税率在 5% ~ 30% 之间
—	高收入地区引入短途航班禁令(即距离小于 500km),鼓励有条件的地方使用高质量铁路交通服务	在提供优质铁路交通的地方,禁止距离小于 500km 的短途航班。此举旨在鼓励有条件的地方使用高质量铁路交通

在高收入国家,铁路投资比当前目标情景下更快,这些国家在 21 世纪 20 年代就采取行动投资铁路网络的改善和电气化。这一举措提升了非城市铁路服务的频次和速度,减少了铁路出行产生的 CO₂ 排放。到 21 世纪 30 和 40 年代,全球范围内的铁路投资都在增长,而且一些国家的高速铁路已经初具规模。

随着铁路投资加速,在可提供合适的铁路替代选项的地方禁止直航航线在 500km 以内的短途航班飞行,该禁令比当前目标情景提前 10 年执行。与当前目标情景一样,各国政府也在 21 世纪 20 年代开始对航空出行征收机票税。然而,在高目标情景下,税率的提升幅度更明显,21 世纪 20 年代,一些地区的税率是机票价格的 5%,到 21 世纪 40 年代,税率将达到单人乘客机票价格的 5% ~ 30%。

在高目标情景下,私人机动车辆的替代方案范围更广。通过引入激励措施,鼓励地区和城际出行使用其他集体制交通模式(例如长途客车和拼车)。21 世纪 30 年代,大范围实施碳定价,且初始价格高于当前目标情景,但到 21 世纪 40 年代,每吨 CO₂ 的最高价格也是达到 200 美元,与当前目标情景的价格一致。

2.4.3 高目标情景下的货运需求和运输模式选择

高目标政策情景针对货运需求(表 2.7)设定政府在更快的时间内实施当前目标情景下列举的货运领域的措施,相应地,各项措施也将更快见效。此外,高目标情景设定化石燃料的贸易和使用将以更快的速度下降,而碳价格虽然各地不一,但都高于当前目标情景。

高目标政策情景对货运需求和运输模式选择的设定

表 2.7

21 世纪 20 年代	21 世纪 30 年代	21 世纪 40 年代
相较于当前目标情景,在更广范围内实施可持续城市物流措施。货运自行车和资产共享的增长速度是当前目标情景下的 2 倍。包裹取/送点的使用率比当前目标情景高出 60%。限制进入的区域更加严格,城市中货物运输使用电动汽车的可能性增长 3 倍		
鼓励使用大容量车辆(公路牵引车),推动城际货运做出改变。到 2025 年,公路货运的平均载重利用率(载重系数)将增长 10%	公路牵引车开始产生更大的影响,增加货车载货量,降低单位货物周转量的成本	载重系数继续增长,2050 年的载重系数比 2019 年高出 25%
鼓励公路运输按距离收费并引入政策讨论	2030 年开始实施按距离收费,且费用开始不断上涨	21 世纪 40 年代,以距离为基础的收费价格进一步增加
船运领域鼓励减速航行和智能航行,减少排放	船舶减速促进平均效率提升 10%,减少了停留时间和对环境的影响	船舶减速促使效率比 2019 年提高 25%
到 2025 年,数字化转型战略利用近实时数据将货车到港口和货车到铁路的停留时间减少 20%。同时,到 2025 年,铁路到港口的停留将减少 15%。内陆水运的停留时间减少 5%	因为公路、铁路和内陆水运的停留时间缩短,所以多式联运的运输时间也减少了,增加了联运方案的吸引力。这些改进将继续保持发展势头	多式联运方案的运输时间持续缩短。到 2050 年,货车到港口和卡车到铁路的停留时间下降 45%。到 2050 年,铁路到港口的停留时间下降 45%。内陆水运的停留时间下降 25%
相较于当前目标情景,以更大的力度加速并扩大对运输网络改善的投资		
—	引进碳定价机制,但各地价格水平各不相同	各地碳定价依然存在差异,但价格高于当前目标情景。碳价格达到每吨 CO ₂ 300 ~ 500 美元
石油和煤炭类大宗商品的贸易和消费开始减少,直接影响到化石燃料的货运需求以及与此类商品贸易相关的货运活动	其他大宗商品贸易持续增长,但对煤炭和石油的需求逐年下降	对煤炭和石油的需求每年下降 50%

在高目标情景下,城市货运领域的脱碳措施推行速度更快、规模更大。货运电动自行车的增长速度是当前目标情景的2倍,包裹取/送点的使用率也高出60%。到21世纪40年代,城市中货物运输使用电动车的数量是现在的3倍。

公路货运、航空货运和水运是非城市货运中难以减排的领域。因为运输模式的选择在很大程度上取决于成本和商品类型。涉及的行程距离也限制了可行的备选运输模式的数量。需求管理措施也需谨慎,因为货运活动与经济增长密切相关。高目标情景旨在通过提高效率和鼓励选择最可持续的运输模式来降低货运活动的碳强度。

为此,高目标情景设定该领域将引进载货量更大的交通工具,并引进升级版智能运输系统以支持资产共享。从21世纪20年代开始,鼓励按距离定价,并在21世纪30年代扩大实施范围,到21世纪40年代上调定价费率。与当前目标情景一样,21世纪30年代将引入碳定价,但各地区价格不一。在高目标情景下,碳价格在21世纪40年代最高将升至每吨CO₂500美元,这个价格是当前目标情景下设定的最高价格的2倍。

两种情景都设定21世纪20年代将按计划实施一系列激励措施,鼓励海运行业减速航行和智能航行,但高目标情景设定的效率更高。升级版数字系统也能为更高的运行效率提供支持,使不同运输模式之间的连接更加流畅,减少停留时间。21世纪30年代,多式联运解决方案越来越具吸引力。到2050年,货车到港口、货车到铁路和铁路到港口的停留时间将各自减少45%,内陆水运的停留时间则减少25%。

就外部因素而言,高目标情景设定能源供应也将采取低碳政策,减少石油和煤炭类商品的贸易和消费。两种情景都设定这类贸易将于21世纪20年代开始减少,但高目标情景设定从21世纪30年代开始,对石油和煤炭类商品的需求每年都将持续下降。到21世纪40年代,下降幅度每年达到50%。

2.4.4 高目标情景下向清洁车辆的转变

高目标情景针对发展清洁车辆(表2.8)设定各国政府制定更加雄心勃勃的措施,鼓励转向发展零排放车辆(ZEV)。生物燃料和可持续航空燃料(SAF)方面的创新也以更快的速度引入,到2050年占据的市场份额比当前目标情景下更大。到2050年,主要市场的所有新投入使用的火车都将实现零排放。

高目标政策情景对转向清洁车辆的设定

表 2.8

21 世纪 20 年代	21 世纪 30 年代	21 世纪 40 年代
车辆销量继续保持历史趋势,并能满足出行需求。在更加严格的燃油经济性标准的推动下,公路车辆的车辆效率提升比历史趋势翻一番。同时,航空效率每年提高3%	到2035年,在东亚及东北亚(ENE)、欧洲以及美国、加拿大、澳大利亚和新西兰(UCAN),100%的新售乘用车和小型货车都是零排放车辆(ZEV)。这符合全球燃料经济倡议(GFEI)零排放路径。到2030年,高收入地区(ENE、欧洲和UCAN)的新售巴士100%为ZEV。同时,到2035年,所有地区的新售两轮和三轮车都100%为ZEV	到2045年左右,按照GFEI的零排放路径,新兴市场的新售乘用车和小型货车100%为ZEV。到2040年,其余市场的新售巴士100%为ZEV。同样到2040年,高收入地区的新售重型车辆100%为ZEV。同时,新兴市场将于本十年末实现重型车辆100%为ZEV的销售目标
—	零排放中型和重型车辆全球谅解备忘录(MOU)签署国在2030年完成重型货车(HGV)销售30%为ZEV的目标	零排放中型和重型车辆全球MOU签署国在2040年完成HGV销售100%为ZEV的目标。非签署国在2040年实现HGV销售30%为ZEV的目标,在2050年实现100%的目标
—	—	到2040年,高收入地区(UCAN、ENE和欧洲)的所有新火车都是零排放。其余市场到2050年实现该目标

续上表

21 世纪 20 年代	21 世纪 30 年代	21 世纪 40 年代
欧盟和美国分别根据“ReFuel 欧盟航空倡议”和“可持续航空燃料大挑战”倡议(见备注)设定的雄心引入可持续航空燃料(SAF)命令	SAF 命令持续扩大覆盖范围,且传统燃料的替代燃料价格开始下降。SAF 命令还扩展到其它地区。使用电力动力系统的飞机投入市场并开始占领客运能力较低的短途航班的市场份额	在某些细分领域,电动飞机开始投入商业应用。到 2050 年,SAF 将占全球航空燃料的 85% (见备注)
—	绿色走廊开始初步部署零排放航运燃料	到 2050 年,零排放燃料占到航运燃料的 100%。同样到 2050 年,短途海运航线实现电气化(见备注)

注:对生物源途径和合成途径的碳强度和生命周期排放量的估算依据 Yoo、Lee 和 Wang (2022^[7]) 以及 Ueckert 等人的研究(2021^[8])。短途海运的电气化依据 Kersey 等人的研究(2022^[9])。

21 世纪 20 年代,乘用车的车辆更替继续保持以往的趋势。与当前目标情景不同,高目标情景假设到 2050 年,世界上几乎所有的新售乘用车、客车和重型车辆都是 ZEV。但各地区的实现情况各有不同,新兴地区实现 100% ZEV 销量的时间比高收入地区晚 10~15 年。这些政策在当前目标情景下就已经初见成效,高目标情景下取得更大成效。

高目标情景还假设中型和重型车辆(即货车)也采取“雄心勃勃”的脱碳政策,且进展速度在一定程度上比当前目标更快。两种情景都设定,货运领域转向 ZEV 全球谅解备忘录的签署国到 21 世纪 30 年代实现 30% 的销售目标,到 2040 年实现 100% 的销售目标。但在高目标情景下,到 2050 年,即使是非签署国也将实现 100% 的销售目标。

最后,虽然两种情景都设定欧洲和美国从 21 世纪 20 年代开始使用 SAF,但高目标情景还设定,到 21 世纪 30 年代,世界其他地区也将使用 SAF,而且替代燃料的价格开始下降。短途航线开始采用电动飞机取代传统动力飞机。到 2050 年,SAF 将占到全球航空燃料的 85%。水运行业也奋起直追,到 2050 年,100% 的燃料都将是零排放。

虽然高目标情景下公路车辆的清洁化进展只是加快了现有政策的执行速度,但水运和航空燃料的加速开发和推广,相较于当下的政策对话,显然更具雄心。

2.5 打破联系:运输活动增加,而排放减少?

若不采取果决的脱碳行动,交通运输将继续成为全球 CO₂ 排放的主要来源之一。实现交通运输脱碳需要国际合作以及政策制定者展现更大的雄心。同时,还需要跨领域合作摆脱对石油燃料的依赖。本报告第 3~6 章介绍了转向更加绿色、更加清洁和更具韧性的运输系统所需的政策路径。

本节主要介绍当前目标和“壮志雄心”情景下客运和货运领域的主要需求趋势和排放趋势。此外,在本节中我们还探讨了不同地区的发展趋势,以及不同设定或不同活动类型的需求和排放差异。差异主要来自对不同政策措施的潜在适用性。

2019 年,客运(54%)和货运(46%)的排放量几乎各占一半,但两个领域未来的脱碳速度并不相同(图 2.2),客运活动在当前目标情景下就已经开始推进脱碳。到 2030 年,客货运的 CO₂ 排放量基本持平。到 2050 年,在当前目标情景下,货运碳排放量高于 2019 年,且占比增长至 61%,而客运已经实现一定程度的脱碳。在高目标情景下,到 2050 年,交通运输的总排放量将降至 2019 年的 20%,其中货运排放量仍比客运排放量占更大的比例。

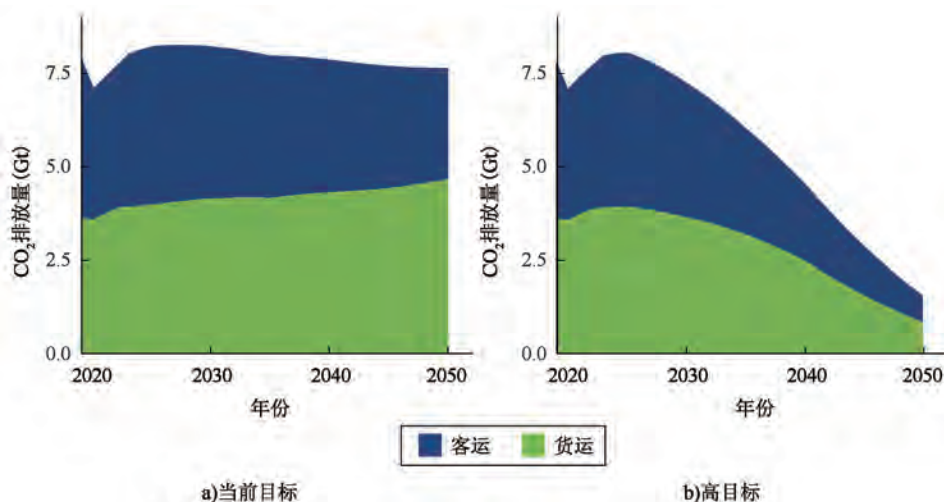


图 2.2 2019—2050 年当前目标和高目标情景下的客运和货运排放
注:图中所示为 ITF 的模拟估算。当前目标和高目标指模拟的两种主要政策情景,代表运输脱碳的两种雄心水平。

2.5.1 客运需求将继续增长

客运和货运需求的持续增长加大了 CO₂ 减排战略面临的挑战。从 2019 年到 2050 年,客运需求在当前目标情景下(图 2.3)将增长 79%,而在高目标情景下则增长 65%。在当前目标情景下,全球旅客周转量将从 2019 年 61 万亿人·km 增长到 2050 年 110 万亿人·km。而在高目标情景下,2050 年全球旅客周转量大约为 102 万亿人·km,低于当前目标情景。

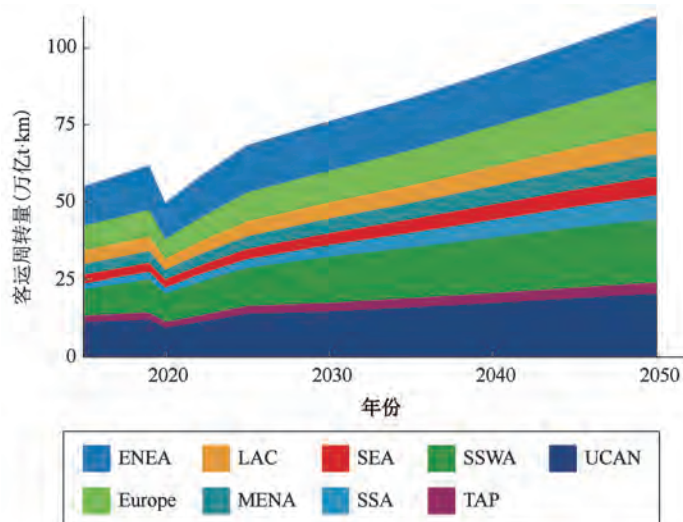


图 2.3 2019—2050 年当前目标情景下各地区的客运需求
注:图中所示为 ITF 的模拟估算。当前目标和高目标指模拟的两种主要政策情景,代表运输脱碳的两种雄心水平。ENEA:东亚及东北亚地区。LAC:拉丁美洲和加勒比地区。MENA:中东和北非地区。SEA:东南亚地区。SSA:撒哈拉以南非洲。SSWA:南亚及西南亚地区。TAP:转型经济体和其他亚太地区国家。UCAN:美国、加拿大、澳大利亚及新西兰。Europe:欧洲。

未来 30 年,新兴经济体的客运需求增长速度最快。到 2050 年,撒哈拉以南非洲地区(SSA)的客运需求将是 2019 年的 3 倍以上。东南亚地区(SEA)的需求也将翻一番。同时,中东及北非地区(MENA)的客运需求将增长 89%,南亚及西南亚地区(SSWA)将增长 92%,拉丁美洲和加勒比地区(LAC)将增长 67%,转型经济体和其他亚太地区(TAP)国家将增长 54%。

至于高收入经济体,欧洲的增长率最高(89%),其次是美国、加拿大、澳大利亚及新西兰(本报告将其归为 UCAN 国家),增长率为 70%。东亚及东北亚(ENEA)的增长率在所有地区中最低,在当前目标情景下增长率为 44%。

2019—2020 年,受新型冠状病毒疫情影响,全球旅客周转量减少了 20%。疫情对非城市出行的冲击尤为严重,其中非城市出行需求减少了 24% 城市出行仅下降 13%。

在疫情的复苏期间,旅客周转量在 2021 年和 2022 年同比增长了大约 8%。2019 年,客运活动中占比最大的是城市出行(36%),紧随其后的是地区出行(35%)。然而,随着时间的推移,国际和城际出行活动将迅速增加,到 2050 年,其在客运活动中的占比于两种政策情景下都将达到 44%(表 2.9)。

2019、2050 年当前目标和高目标情景下各活动类型的客运需求占比 表 2.9

活动类型	2019 年	2050 年	
	基准	当前目标情景	高目标情景
国际及城际活动	29%	44%	44%
地区活动	35%	21%	22%
城市活动	36%	35%	34%

注:表中所示为 ITF 的模拟估算。当前目标和高目标指模拟的两种主要政策情景,代表运输脱碳的两种雄心水平。

2.5.2 客运碳排放并不会与需求同步增长

未来几年,即便交通政策保持不变,客运碳强度也预计将下降,但这仍不足以满足脱碳目标。在当前目标情景下,国家和地区政策对运输脱碳的要求越来越高,产生一定的积极影响,客运活动产生的排放将下降 30%。

城市交通活动约占客运排放的三分之一,具体比例在不同年份和情景下有所差异(图 2.4)。在高目标情景下,2019—2050 年,CO₂ 排放将减少 1190 万亿 t,而在当前目标情景下,仅减少 379 万亿 t。由于高收入国家地区出行产生的排放减少,非城市客运活动的排在两种情景下都将减少。

2019 年,地区出行的排放占比(36%)是单个领域中最高的。在当前目标情景下,随着地区出行需求下降,国际和城际出行活动增加,这一占比将下降至 25%。而在高目标情景下,城市出行以及国际和城际活动的脱碳速度更快,因此到 2050 年,地区出行的排放占比仍然最高。

在当前目标情景下,2019—2050 年,在需求几乎增长两倍的背景下,国际和城际出行产生的排放将减少 7%。这就意味着即便在当前的政策路径上,这些出行活动的碳强度也在下降。在高目标情景下,需求将增长 2.5 倍,而这些出行活动的排放还可以减少 85%。

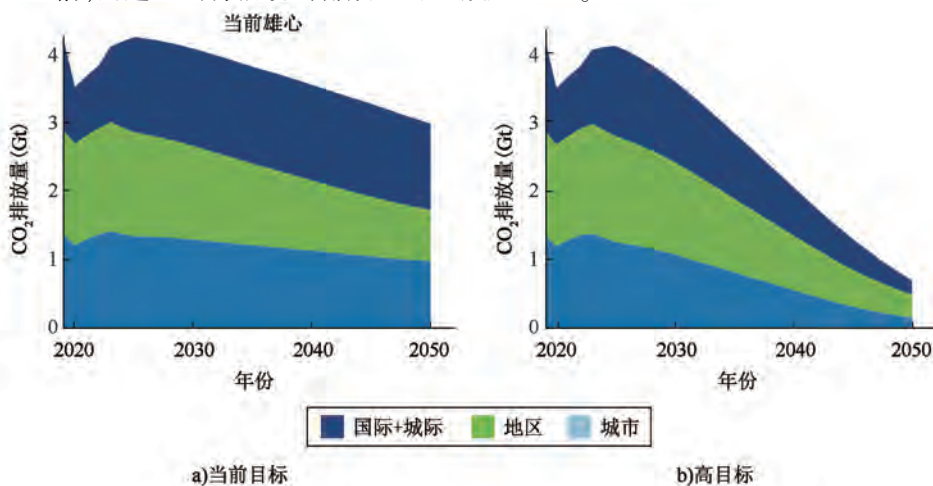


图 2.4 2019—2050 年当前目标和高目标情景下客运领域的总排放

注:图中所示为 ITF 的模拟估算。当前目标和高目标指模拟的两种主要政策情景,代表运输脱碳的两种雄心水平。

2.5.3 货运需求随着经济发展而增长

在当前目标情景下,每个地区的货运活动也将增加。2019—2050年期间,世界范围内的货物周转量几乎翻一番(图2.5)。而在高目标情景下,同一时期,全球货运需求的增长率为59%。高目标情景下货物周转量缩减,并不完全是因为运输政策,全球贸易以及运输商品的变化也对此产生了一定影响。

未来三十年,预计新兴地区的经济发展速度最快,相应地,货运需求的增长也最为强劲。在两种政策情景下,东南亚(SEA)以及撒哈拉以南非洲(SSA)在2019—2050年货运需求都将增长3倍以上,而同一时期,南亚及西南亚(SSWA)的需求增长则达到4.9倍。

到2050年,东亚及东北亚(ENE)以及中东和北非(MENA)在两种情景下的货运活动也将翻一番。美国、加拿大、澳大利亚和新西兰(本报告将其归为UCAN国家)以及欧洲也将经历货运活动的增长,但增速相对缓慢。

转型经济体和其他亚太地区(TAP)国家的货物周转量在两种情景下都是增速最慢的,在当前目标情景下增长47%,在高目标情景下增长34%。

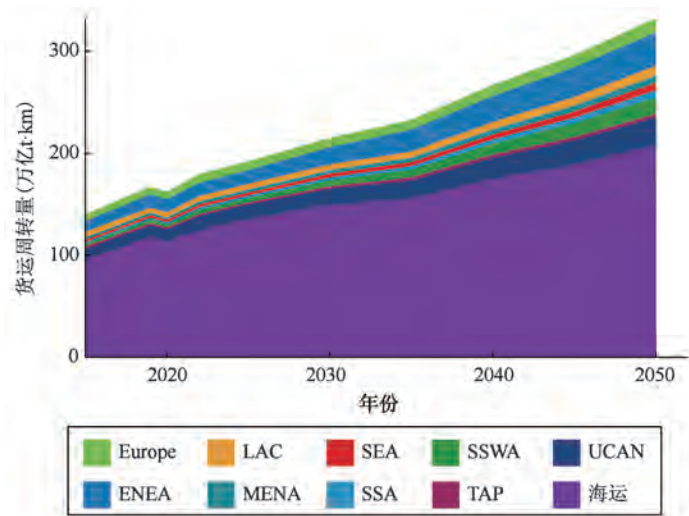


图 2.5 2019—2050 年当前目标情景下各地区的货运活动

注:图中所示为 ITF 的模拟估算。当前目标指模拟的两种主要政策情景之一,两种情景代表运输脱碳的两种雄心水平。ENE:东亚及东北亚地区。LAC:拉丁美洲和加勒比地区。MENA:中东和北非地区。SEA:东南亚地区。SSA:撒哈拉以南非洲。SSWA:南亚及西南亚地区。TAP:转型经济体和其他亚太地区国家。UCAN:美国、加拿大、澳大利亚及新西兰。Europe:欧洲。海运:国际水域和内陆水路。

全球大部分货运活动都是海上运输(表2.10)。随着时间的推移,两种情景都将保持这一趋势。2019年,公路货运的模式占比达到22%,在当前目标情景下,到2050年将增长至27%,而在高目标情景下将增长至31%(但其实货物周转量更低)。

2019年、2050年当前目标和高目标情景下各运输模式的货物周转量占比

表 2.10

交通工具类型	2019年	2050年	
	基准	当前目标情景	高目标情景
航空	小于1%	小于1%	小于1%
船舶	70%	62.5%	56.0%
铁路	7%	10%	13%
公路	22%	27%	31%
非机动车	小于1%	小于1%	小于1%

注:表中所示为 ITF 的模拟估算。当前目标和高目标指模拟的两种主要政策情景,代表运输脱碳的两种雄心水平。

在两种情景下,公路运输的增长速度也比海运更快,2019—2050年,公路运输的货物周转量将翻一番。在公路、铁路、航空以及水运等主要运输方式中,未来30年铁路的增长最为强劲。在两种情景下,

2050 年铁路运输的货物周转量都大约是 2019 年的 2.7 倍。

非机动运输模式因为起点很低(规模小到几乎在全球范围内都不可见),所以是增长最快的运输模式。预计在当前目标情景下,到 2050 年非机动城市货运方案将是 2019 年的 8.9 倍,在高目标情景下,将增长 20.5 倍。

2.5.4 货运排放将增长,尤其是在城市地区

虽然国际货运活动是货运排放的最主要来源,但国内和城市货运的增长速度更快(表 2.11)。非城市货运包括国内货运和国际货运,而城市货运则是指城区内的货运活动。

2019 年、2050 年当前目标和高目标情景下各类型货运活动的排放占比 表 2.11

运输类型	2019 年	2050 年	
	基准	当前目标情景	高目标情景
国际	42%	41%	15%
国内	29%	29%	46%
城市	28%	30%	39%

注:表中所示为 ITF 的模拟估算。当前目标和高目标指模拟的两种主要政策情景,代表运输脱碳的两种雄心水平。

国际货运活动占货运总排放的 42%,占货物周转量总量的近三分之一。国内货运活动占排放的 35%,占货物周转量的 21%。城市货运虽然占排放的 28%,货物周转量仅占 5%。在当前目标情景下,到 2050 年,随着新兴经济体城市的发展,城市货运排放将大幅增长(增长 37%)。

在高目标情景下,国际货运活动在货运排放中所占份额最低,国内货运在货运排放中所占份额最高,随后是城市货运。这是推行脱碳措施和贸易流变化产生的结果(见第 3 章)。

到 2050 年,当前目标情景下货运总排放量预计将增长 28%,而高目标情景下则将减少 76%(图 2.6)。高目标情景下国际货运排放预计将减少 92%,降幅在三种运输活动中最大。国内货运排放预计将下降 63%,城市货运排放预计下降 67%。

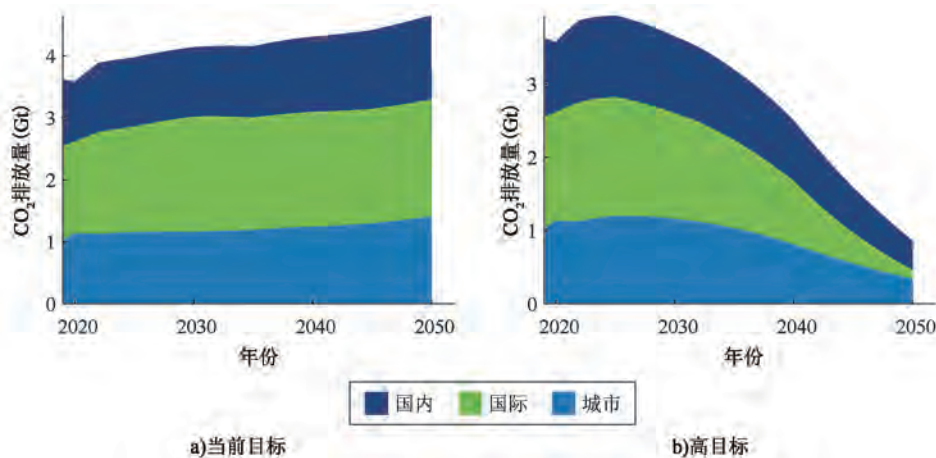


图 2.5 2019—2050 年当前目标和高目标情景下各类型货运活动的总排放

注:图中所示为 ITF 的模拟估算。当前目标和高目标指模拟的两种主要政策情景,代表运输脱碳的两种雄心水平。

本章要点

- (1) 交通运输是经济社会发展的核心,也是全球 CO₂ 排放的主要来源之一。
- (2) 本报告模拟了到 2050 年运输需求和 CO₂ 排放的两种情景,一种情景(当前目标情景)是根据已

宣布或现有的政策拟定的,另一种情景(高目标情景)则假设未来将实施更具雄心的脱碳措施。

(3)总体而言,这些情景表明,当前的政策将随着时间的推移逐渐在全球范围内产生影响,到2050年,交通运输 CO₂ 排放量将略有下降。

(4)继续目前的路径并不足以令交通运输的 CO₂ 减排达到《巴黎协定》的目标。

(5)打破运输活动和排放之间的联系迫在眉睫,需要更强的雄心和更多的国际合作。

第3章 管理交通运输需求:提供有吸引力的选择

本章主要分析交通需求的驱动因素。本章将探讨运输需求管理政策杠杆(“避免”类措施)和鼓励转向可持续交通模式转变的政策(“转变”类措施)在低碳交通未来中可发挥的作用。本章在特定的小节中分析了针对城市交通、地区出行、国际和城际出行以及非城市货运的相关政策措施。

本章摘要

在不同背景下发展可持续交通需要不同的政策组合。

无论在哪种情景下,未来数十年,全球各地区的客运和货运需求都将持续增长。如果缺少合适的政策,失控的增长将导致城市扩张加剧、平均出行距离拉长以及无法制定有效的减排措施。

在两种情景下,国际和城际客运都将以较快的速度增长,在2019—2050年期间翻一番。城市客运需求将大幅增长:当前目标情景下增长74%,高目标情景下增长54%。同一时期,地区出行仅增长5%。货运需求在两种情景下也都呈增长趋势,其中国际货物周转量将在总货物周转量中占据最大比例。

旨在提高交通系统和个人出行效率的一系列政策可能会显著改变人们在城市中的出行方式。更加密集以及更加紧凑的城市增加了用户的出行选择,公共交通和基本服务触手可及。城市内的出行总距离可以在不明显影响人们实际出行次数的情况下出现下降。

然而,这需要我们整合土地和交通规划,避免城市扩张,并扩大可持续交通模式的可及范围。公共交通将成为未来城市交通系统的核心。叫车服务和共享车辆等更加灵活的按需服务可以作为公共交通的补充;比起单单投资公共交通,增加这类服务可以更加有效地减少私家车的的使用。

管理部门应当将限制私人机动车辆与投资多模式出行服务相结合。这些投资应当加强公共交通、共享出行以及主动出行之间的联通。而在政策的影响下,步行、骑行和公共交通也许会在世界各地日益普及。在城区以外,乘客对可持续交通模式的选择在很大程度上由行程距离所决定。

在货物运输方面,管理部门和运营商可以共同努力,避免城区内外不必要的货运活动。大载运量车辆、智能运输系统和资产共享可以提高货运的运营效率,并有助于限制货运车辆公里数到2050的增长。

城市配送相对更容易实现脱碳。在配送中转向非机动车模式(例如,货运自行车)或更加高效的车辆可以减少机动车的车辆公里数。引入包裹取件点可以限制城市内的配送活动。长途货运转向更可持续交通模式面临的挑战更加棘手。一致的造价方法有助于提高效率,并增加铁路和水路在多模式运输中的使用。

政策建议

(1) 从长远角度看待城市发展,开展土地利用和交通运输系统综合规划,避免城市在未来陷入不断扩张的窘境;

(2) 综合投资、定价以及通行或空间限制等措施,制定全面可持续的交通规划,鼓励人们转向可持续交通模式。

(3) 支持多模式和可持续运输网络。

4) 采用统一的定价措施,并为可持续交通模式分配资金。

运输系统和相关基础设施的发展将影响城市和社区的未来,可能令城市更好,也可能更糟。无论是在哪种政策情景下,未来几十年全球客运和货运需求都将持续增长。这一增长部分是受到加强货运和客运联通的高目标的推动,但主要反映出经济和人口的变化。

在客运方面,如果管理部门在规划阶段没有考虑对低碳交通的长期需求,对汽车形成依赖必然对城市区域和社区造成不利影响。在货运方面,如果坚持当前的政策路径,与货运活动相关的排放还将继续增长。

本章主要分析交通需求的驱动因素,利用广为普及的“避免、转变、改善”策略,探讨需求管理(“避免”类措施)和交通模式转变(“转变”类措施)政策在低碳交通情景中可发挥的作用。第4章将分析“改善”类措施对运输减排的影响。

3.1 政策干预:根据交通运输活动类型制定相应的措施

ITF 的内部模型可以在给定的政策情景下预测全球未来的客运和货运需求。根据本报告对当前目标和高目标情景模拟的预测结果,在两种政策情景下,客运和货运需求都将上升(详细分析见第2章)。

客运需求可以分为三类:城市客运(城市区域内的活动)、地区客运(城区外的国内出行活动)以及国际和城际客运(两个城市之间或跨越国际边界的出行活动)。

在本报告探讨的当前目标和高目标政策情景下,城市客运需求都呈增长趋势(图3.1)。当前目标情景下,2019—2050年,城市旅客周转量将增长74%。高目标情景下,同一时期,旅客周转量将增长54%。城市客运的出行距离通常比其它类型更短,而且主要集中于人口密度较高的地区。在运输脱碳方面,城市环境下可用的需求管理和交通模式转变政策措施相对更多。目前,城市出行仅占全球交通需求的36%。

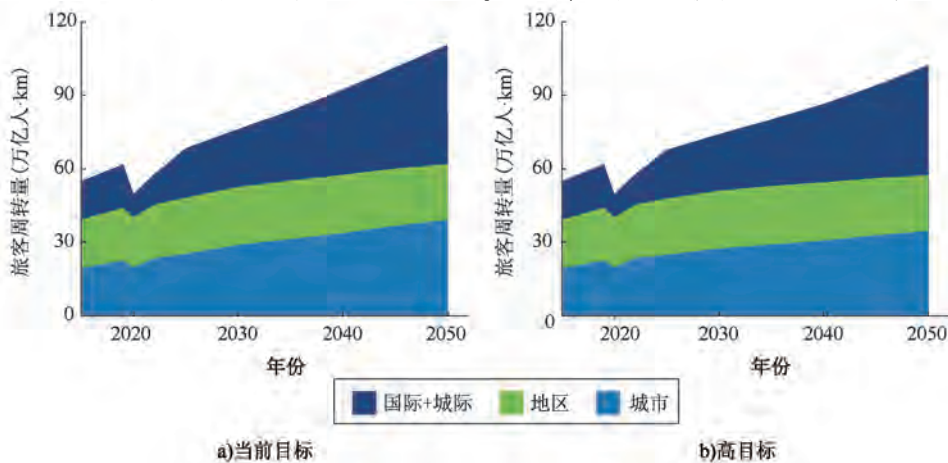


图 3.1 当前目标和高目标情景下各类型客运活动的客运周转量

注:图中所示为 ITF 的模拟估算。当前目标和高目标指模拟的两种政策情景,代表运输脱碳的两种雄心水平。国际+城际:跨越国界的出行;地区:国界内的非城市出行。

在两种情景下,地区出行都只增长 5%。地区出行目前约占全球交通需求的 35%。鉴于未来增长幅度不大,其旅客周转量占比在未来将缩小。2019 年,国际和城际出行的旅客周转量占比最低(29%),但这将是未来增长速度最快的出行类型。因此,在两种情景下,到 2050 年,其旅客周转量占比将达到 44%。

国际和城际出行通常平均距离较长,出行模式更加分散,尤其是地区出行。鉴于地区出行以及城际和国际出行的特性,在需求管理和出行模式转变方面,相对缺少完善的政策措施。

至于货运活动,无论是在 2019 年还是到 2050 年,在任何政策情景下,绝大多数货运活动都发生于城市以外(图 3.2)。与客运活动一样,在城市层面可使用的运输模式转变和需求管理工具很难在城市之外部署。对于非城市货运(包括国内和国际),各项缩短供应链(从而缩减货物周转量)的措施已经超出了运输政策的范围,因为它们是由贸易区域化驱动的。在两种政策情景下,国际货运都占据的运输需求最大份额,意味着许多措施的监管和执行需要多边合作。

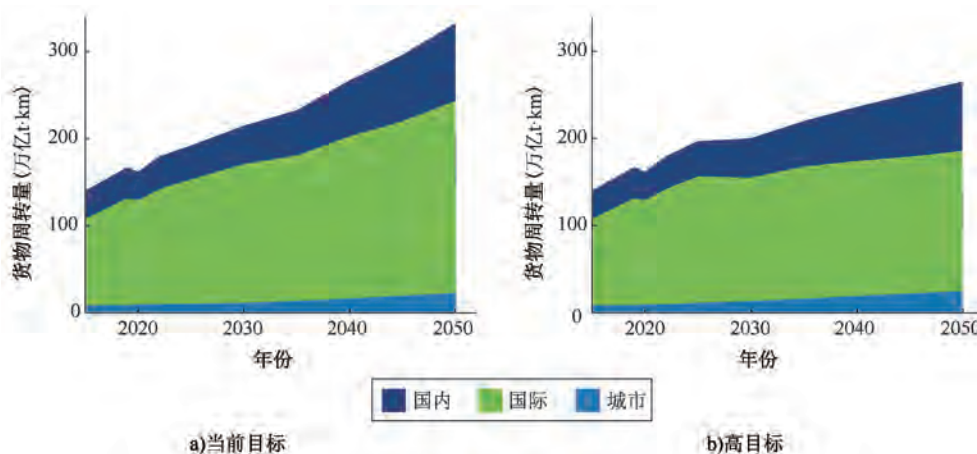


图 3.2 当前目标和高目标情景下各类型货运活动的货物周转量

注:图中所示为 ITF 的模拟估算。当前目标和高目标指模拟的两种政策情景,代表运输脱碳的两种雄心水平。国际:国界之间的货运;国内:国界之内的非城市货运。

3.2 城市交通:令可持续交通模式成为最具吸引力的选项

伴随着城镇化的推进和人口的增长,许多地区的城市面积将在未来不断扩大。管理部门现在就应采取行动防止城市陷入蔓延窘境,摆脱对汽车的依赖。在较发达的城市,管理部门需修改传统的规划,避免在规划街道和城市环境时过度重视机动车辆而忽视居民和更可持续的发展模式。

管理部门必须对运输和土地利用进行战略性综合规划,支持未来的可持续交通运输决策。当前存在很多不同的政策方式,但综合采取不同措施可能是最成功的方法。交通需求管理和交通模式转变政策在城市背景下对客运和货运都非常有效。这些政策在城市宜居性方面也将发挥重要作用(见第 5 章)。

3.2.1 随着城市人口增长,城市扩张的风险也在增加

无论是在哪一种政策情景下,世界各地的客运需求都将持续增长。城市客运需求在未来几年将大幅增长,尤其是中低收入和低收入地区。在中高收入和中低收入地区,快节奏的城镇化将推动城镇居民比例上升。但增长幅度最明显的当属撒哈拉以南非洲(SSA),该地区属于低收入地区,到 2050 年,城镇居民数量将增长至 2019 年的两倍以上(SWAC,2020^[1])。

此外,2019—2050 年,SSA 的人均国内生产总值几乎翻一番,东亚和东北亚(ENEA)以及东南亚(SEA)的人均生产总值将增长 2 倍以上。根据经合组织环境局和联合国经社部的数据,同一时期,南亚

和西南亚(SSWA)的人均GDP大约将增长3倍(OECD,日期不详^[2];UNDESA,2022^[3])。这些地区的经济增长将在部分程度上缩小当地城市居民与欧洲及UCAN(即美国、加拿大、澳大利亚和新西兰)等发达地区的居民之间的收入差距。

但经济增长也会增加私人机动车辆(尤其是汽车和摩托车)使用增多的风险。世界银行最近的一项分析发现,在18个亚太非国际经合组织成员国中,收入增长10%与整体运输消费增长17%之间存在直接联系。值得注意的是,相较于公共交通10%的温和增长,这些国家私人机动车辆的使用增长了20%(Lebrand和Theophile,2022^[4])。

在世界大多数地区,城市客运活动的增长速度将快于城市人口的增速(图3.3)。在欧洲和ENEAA等高收入地区以及LAC等中高收入地区,需求增长在高目标情景下大致与人口增速持平或更低。ENEAA的城市人口增长在两种情景下都将超过客运需求的增幅。UCAN与高收入地区的趋势相反,其旅客周转量在两种情景下都比人口增长得更快。新兴经济体的旅客周转量也比人口增长得更快。但无论如何,受政策影响,高目标情景下的旅客周转量都增长得相对缓慢。

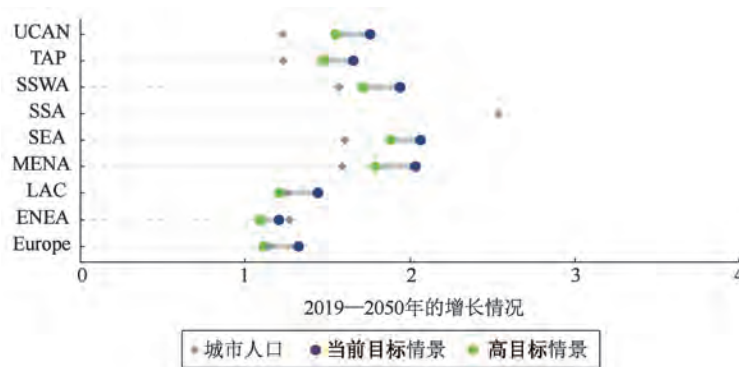


图3.3 当前目标和高目标情景下城市人口和旅客周转量的增长

注:PKM;人千米。图中所示为ITF的模拟估算。当前目标和高目标指模拟的两种主要政策情景,代表运输脱碳的两种雄心水平。

ENEAA:东亚及东北亚地区。LAC:拉丁美洲和加勒比地区。MENA:中东和北非地区。SEA:东南亚地区。SSA:撒哈拉以南非洲地区。SSWA:南亚及西南亚地区。TAP:转型经济体和其他亚太地区国家。UCAN:美国、加拿大、澳大利亚及新西兰。Europe:欧洲。

随着城市人口增长,城市扩张和依赖汽车的风险也在增加。面临蔓延风险的城市区域存在如下特征:①汽车使用成本低;②城区周边的土地成本低于城市中心的土地成本;③财政制度导致向外扩张产生净收益(OECD,2017)。在这样的形态下,尤其在UCAN地区更加明显,城市区域往往是连续的(即集合城市),且相邻城市的边缘之间边界不太明显,居民更加依赖汽车(Mattioli等,2022^[6])。

新兴地区快速发展的城市区域面临的城市扩张风险更高。根据以往的分析,发展中城市人口翻一番,将导致城市面积增长3倍(Angel等,2010^[7])。同样,本报告的模拟结果也表明,2019年SEA和SSA人口不足100万的城市周边地区,到2050年,人口将增长为目前规模的3倍左右。这些发展中地区出现城市扩张,其中一个原因就是未来和现有的城市居民迁移至城区周边。这些地区的居民如果想去往市中心,除了非官方的辅助性公共交通,可能就只剩人机动车辆这个唯一选项了(Yiran等,2020^[8])。

缓解城市扩张的风险需要战略性规划,管理城市客运需求,提倡更可持续的出行行动(ITF,2021^[9])。本报告的建模强调优化土地利用和交通规划对城市居住区可持续性的积极影响。与当前目标情景不同,高目标情景包含了运输和土地利用规划措施,推进构建更紧凑、功能更全面、更密集的环境。在高目标情景下,到2050年,城市密度的增加将减缓城市地区物理扩张的增速。

高目标情景中所采用的城市规划和运输系统规划设计还可以减少运输需求,而不会对运输活动产

生同等程度的负面影响。

高目标情景下,到 2050 年,世界所有地区平均每次出行的旅客周转量将减少(表 3.1),其中以 LAC (-15%)和欧洲(-14%)最为明显。相比之下,也是在高目标情景下,到 2050 年,人均出行次数的下降幅度明显小很多。在除欧洲(-3%)和 UCAN(-4%)以外的所有地区,人均出行次数都只减少 1%左右。欧洲和 UCAN 出现较明显的下降,很可能是因为远程办公在这些地区更普遍。尽管如此,UCAN 在两种情景下的出行距离差异是最小的(-8%),这是因为城市占用的空间已经确定,而在这样的背景下很难再落实紧凑的城市规划建设政策。

2050 年高目标情景下旅客周转量相较于当前目标情景的差异 表 3.1

地区	2050 年高目标情景下每次出行的旅客周转量相较于当前目标情景的差异(%)	2050 年高目标情景下人均出行量相较于当前目标情景的差异(%)
东亚和东北亚地区	-8	-1
欧洲	-14	-3
拉丁美洲和加勒比地区	-15	-1
中东和北非地区	-11	-1
南亚和东南亚地区	-8	-1
东南亚地区	-11	-1
撒哈拉以南非洲地区	-10	-1
转型经济体和其他亚太地区国家	-11	-1
UCAN	-8	-4

注:表中所示为 ITF 的模拟估算。UCAN:美国、加拿大、澳大利亚和新西兰。

3.2.2 开展交通运输和土地利用综合规划令可持续交通模式更加可行

管理部门,特别是发展中地区的城市管理部门,可以利用密集化政策解决城市扩张和依赖私人机动车辆的风险。更加紧凑和密集的城市可以让人们能更加方便地前往学校、医院和工作场所(ITF, 2019^[10])。这样的环境减少了长途出行的需求,从而在不减少出行的情况下减少了旅客周转量。此外,与其他社区类型相比,功能全面的城市拥有更多的就业机会和住宅选择,可以减轻公共交通网络的压力(Guzman 和 Gomez Cardona, 2021^[11])。

除了这些裨益,更加紧凑、功能全面的城市可以从两个方面减少运输和基础设施成本。首先,管理部门和运营商能更加轻松地满足公共交通运营所需的财政最低标准。其次,更高的密度和更近的距离可以降低单位基础设施的成本,提高道路和公共交通的有效利用(Rode 等, 2014^[11])。

建设功能全面、更加紧凑的城市必须平衡好工作人口、可用住房和附近的就业机会。这可能意味着城市需要开发多个经济和住宅中心,而不是仅一个主要中心,让人们从周围的住宅区蜂拥前往这个聚集了所有经济活动的中心。巴塞罗那的超级街区模式就是一个很好的例子,每 400m² 的居住街区就集中了住宅和经济活动场所,人们在生活、工作和出行中都只需采用主动出行和可持续出行模式(Postaria, 2021^[13])。

图 3.4 显示了高目标情景下城市环境中不同出行距离最常选择的交通模式。可以看出,对于较短的出行距离,非机动出行模式在所有出行模式中占有相当大的比例。在两种情景下,这种趋势在未来都将继续保持,但在高目标情景下,在 1~10km 范围的出行中,非机动出行模式的占比增长相当显著。超过 10km,非机动出行模式的旅客周转量占比就减少了,说明缩短工作生活场所与人们之间的距离对鼓励主动出行非常重要。

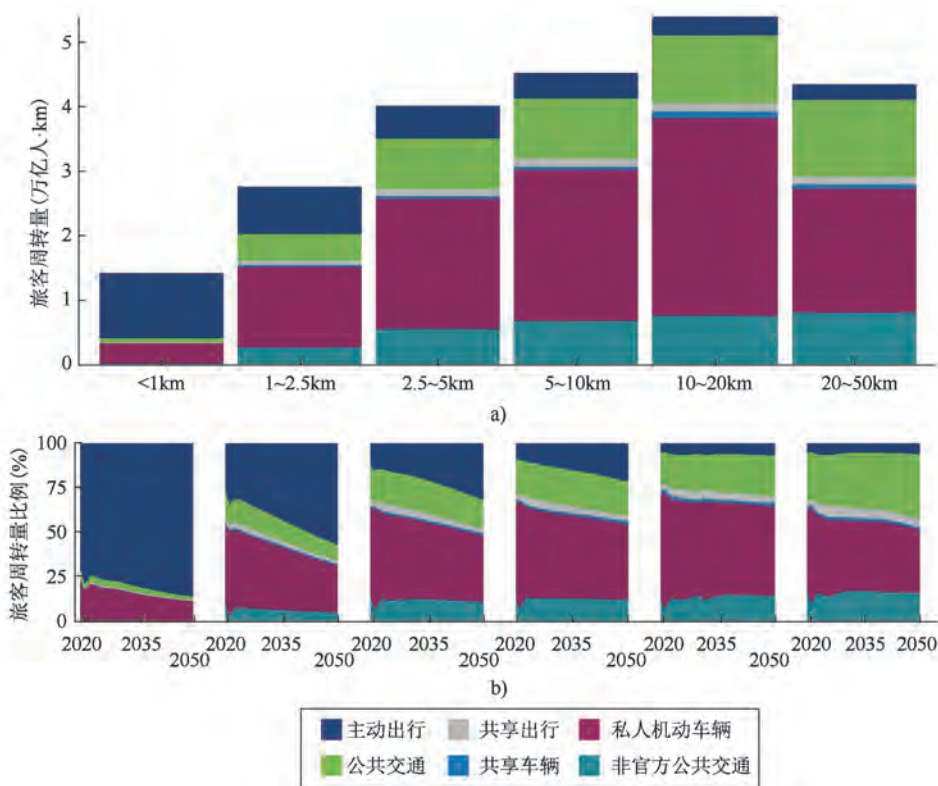


图 3.4 2019 年不同出行距离下各交通模式城市旅客共享车辆周转量以及 2019—2050 年高目标情景下未来的不同交通模式城市旅客周转量占比

注：图中所示为 ITF 的模拟估算。主动出行包括步行、自行车、共享小型摩托车以及共享自行车出行。公共交通 (PT) 包括铁路、地铁、公共汽车、轻轨交通以及快速公交。非官方公共交通包括非官方公共汽车和三轮公共交通。共享车辆包括共享摩托车和共享汽车。私人机动车辆包括摩托车和汽车。共享出行包括出租汽车、拼车和出租巴士。

在制定政策时，管理部门如果能与公共和私营雇主交流，也能获得有益的意见。例如，在法国，管理部门要求员工超过 100 人的企业制定出行计划，以增加员工的可持续出行。这类计划提出的措施包括鼓励人们在办公室附近和周边的步行空间使用公共交通和主动出行模式 (Réseau Action Climat, 2018^[14])。

电子远程办公等新劳动力模式可能会影响未来几年城市地区的密度，以及管理部门提倡特定可持续出行模式的能力。例如，电子远程办公可能促进城市向多中心、低密度的方向发展，在这种情况下，由于通勤减少，维持公共交通网络的成本将更难收回。但电子远程办公也可以促进以住宅区为中心的城市发展模式，人们可以利用主动出行模式和微出行模式完成更多与工作无关的出行。《ITF 交通运输展望 2019》和《ITF 交通运输展望 2021》讨论了电子远程办公对未来客运活动的影响。我们需要开展更多的研究来评估电子远程办公对城市形态和相关出行模式的实时影响和长期影响 (ITF, 2019^[15]; ITF, 2021^[16]; ITF, 2023^[17])。

高目标情景包含了交通运输和土地利用的综合规划措施，以构建更加紧凑、功能全面和更加密集的环境。例如，提倡以公共交通为导向的开发 (TOD) 模式。为此，管理部门可以设定最低密度标准，向开发商提供密度激励，并要求新开发项目选址在公共交通站台附近 (Rode 等, 2014^[12])。

在特定的发展中环境下，可以尝试改革最大密度标准。例如，提高人均最小空间标准，确保城市密度提高与适宜的生活条件并行不悖 (Rode 等, 2014^[12])。再例如，在发展中国家和发达国家，管理部门还可以设置新建公共交通站台附近经济适用房的最低供应标准。这些措施可以减少低收入群体因为居住地更接近生产生活场所导致的土地价值增加而被迫流离失所的现象。

构建更加紧凑、更加密集、功能齐全的居住区，推进可持续交通蓬勃发展，需要在大都市范围内制定

交通运输和土地利用综合规划以及监管框架。即便落实最具雄心的政策,到 2050 年,全球范围内城市区域的人造环境还是会超出当前的行政边界。我们必须根据城市的快速扩张调整行政边界、交通运输规划和监管框架。

巴塞罗那、伦敦和巴黎的经验表明,建立交通治理框架,有效解决大都市地区的政策需求,是一个长期的、充满挑战的过程,需要考虑到当地的具体情况(ITF,2022^[18])。这一过程必须尽早开始,相关的地方管理部门和国家机构必须开展对话。对于城市中心周边未来将覆盖在大都市区范围内密度较低的地区,将该地区的管理部门纳入对话过程十分重要。城市中心的人口可能会前往人口密度较低的地区寻找工作机会,因此城市中心的管理部门也是另一个重要的利益相关群体(ITF,2018^[19])。

3.2.3 有效鼓励可持续交通模式需要多种政策措施

综合采用不同的政策措施有助于可持续城市出行模式的发展(ITF,2023^[20])。在当前目标情景下,私人机动车辆(汽车和摩托车)在未来几年将继续在全球城市区域发挥重要作用(图 3.5)。在该情景下,到 2050 年,这些车辆将覆盖全球近一半的出行需求。在 UCAN 国家,城市密度平均较低,私人机动车辆的出行模式占比最大,达到 77%。

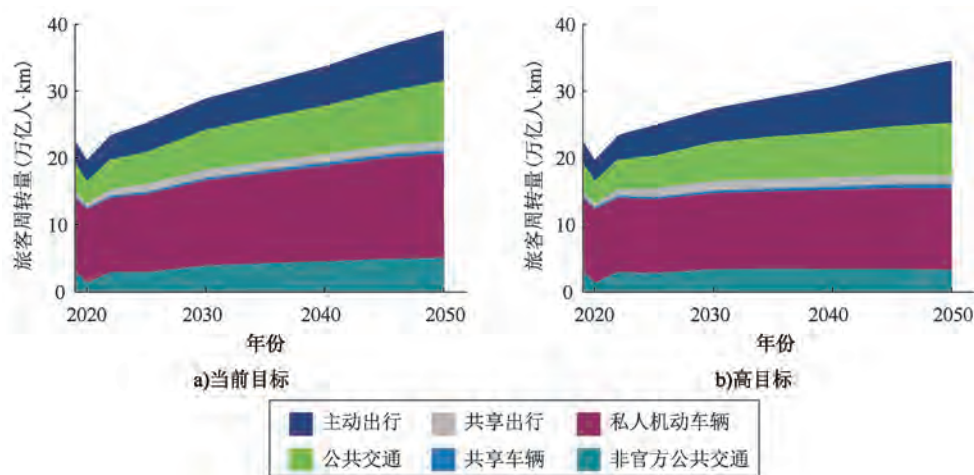


图 3.5 2019—2050 年当前目标和高目标情景下城市各出行模式占比

注:图中所示为 ITF 的模拟估算。当前目标和高目标指模拟的两种主要政策情景,代表运输脱碳的两种雄心水平。主动出行包括步行、自行车、共享小型摩托车以及共享自行车出行。公共交通(PT)包括铁路、地铁、公共汽车、轻轨交通以及快速公交。非官方公共交通包括非官方公共汽车和三轮公共交通。共享车辆包括摩托车和共享汽车。私人机动车辆包括摩托车和汽车。共享出行包括出租汽车、拼车和出租巴士。

与此同时,在 SSA 和 SSWA,即便是在当前目标情景下,私人机动车辆也分别只占到需求的 16% 和 24%。在高目标情景下,SSA 的私人机动车辆占比将下降至 12%,在世界所有地区中占比最低(图 3.6)。

即便是在高目标情景下,私人机动车辆的出行模式占比依然很高(图 3.6)。这一结果强调,我们必须在人口城镇化过程中进行战略规划,并在城市中设计可持续出行选项避免对汽车的依赖。高目标情景为遏制私人机动车辆使用的增长,设定了一套全面的措施,包括车辆限制、定价措施、提倡主动出行与公共交通、鼓励新兴数字化共享出行等措施。高目标情景包含的政策类型对减少汽车依赖的影响是可以考证的(ITF,2021^[9])。

通过抑制私人机动车辆发展,加大对替代出行模式的投资这两项措施的实施,或两者结合,可帮助减少对私人机动车辆的依赖。本报告的建模对这些方式进行了比较,图 3.7 展示了当前目标、高目标、“仅投资”“仅抑制”情景下 2050 年的旅客周转量。

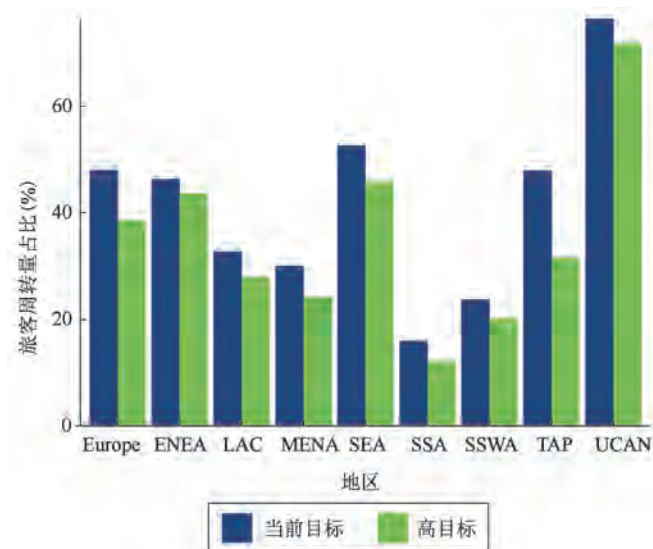


图 3.6 2050 年当前目标和高目标情景下城市私人机动车辆的出行占比

注：图中所示为 ITF 的模拟估算。当前目标和高目标指模拟的两种主要政策情景，代表运输脱碳的两种雄心水平。ENEA：东亚及东北亚地区。LAC：拉丁美洲和加勒比地区。MENA：中东和北非地区。SEA：东南亚地区。SSA：撒哈拉以南非洲地区。SSWA：南亚及西南亚地区。TAP：转型经济体和其他亚太地区国家。UCAN：美国、加拿大、澳大利亚及新西兰。

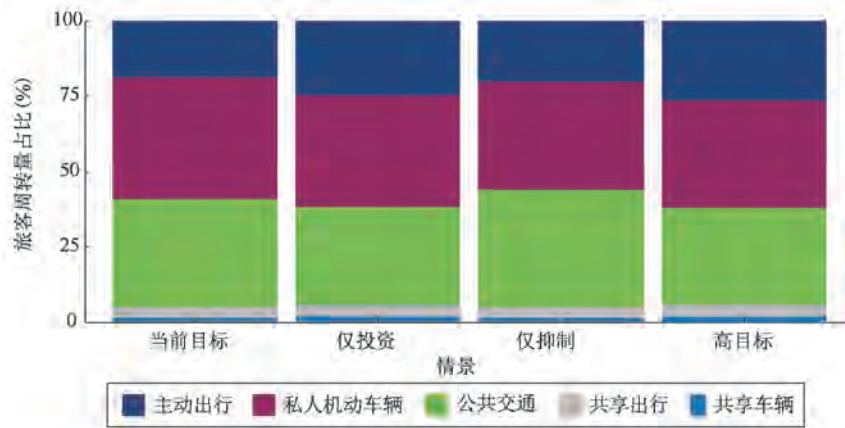


图 3.7 2050 年当前目标和高目标情景以及其他两个中间情景下的城市客运模式出行比例

注：图中所示为 ITF 的模拟估算。当前目标和高目标指模拟的两种主要政策情景，代表运输脱碳的两种雄心水平。主动出行和微出行包括步行、自行车、共享小型摩托车以及共享自行车出行。公共交通包括铁路、地铁、公共汽车、轻轨交通、快速公交以及非官方公共交通。共享车辆包括摩托车和共享汽车。私人机动车辆包括摩托车和汽车。共享出行包括出租汽车、拼车和出租巴士。

“仅投资”情景讨论的是当前目标情景下政策实施将产生的影响（见第 2 章），但在高目标情景下，包括公共交通、综合票务以及自行车和步行基础设施的投资。该情景假设政策措施鼓励共享出行、拼车以及发展“出行即服务”（MaaS）等出行服务。

在这些条件下，主动出行的模式占比提升幅度最大，增长了 6 个百分点。私人机动车辆的模式占比确实减小了（-3 个百分点），但公共交通的模式占比也减了（下降数量相近），说明增加的主动出行模式和共享出行模式至少有一部分取代的是原本就属于可持续模式的公共交通。

研究表明，定价措施可以有效减少城市汽车的使用。在意大利米兰，实施道路定价机制，使实施区域内的交通减少了 12%，实施区域外的交通减少了近 4%（Rotaris 等，2010^[21]）。同样，之前的车辆限制等政策也使私人机动车辆出行减少了 5%~10%（ITF，2021^[22]）。

“仅抑制”情景设定的是当前目标情景下的政策,但增加了更加严格的定价措施、停车限制和城市车辆通行规定。在“仅抑制”情景下,公共交通(官方和非官方)出行模式占比相比当前目标情景增长了3个百分点。然而,由于缺乏对步行和自行车基础设施的投资,主动出行模式的占比增长幅度非常微小(增长2个百分点)。

管理部门还需要了解并解决限制性措施可能对低收入和服务不足群体产生的不利影响。限制使用私人机动车辆可能会对这些群体产生不利影响,特别是在有些社区,因为缺少替代选项,拥有和使用私人机动车辆是人们出行必不可少的条件(Mattioli, 2017^[23]; Di Ciommo 和 Lucas, 2014^[24])。但这并不意味着要对限制措施引入折扣或豁免方案。

我们可以为紧急服务和公共交通提供特许权。除此之外,经验表明,折扣和豁免可能会削弱这类机制的有效性。在设计这类措施时,应对空间和人口进行仔细分析,更好地了解潜在的社会和分配影响,并确定是否应该通过财政系统扩大减缓或补偿范围(ITF, 2018^[25])。

从长远来看,作为一揽子综合政策的一部分,道路定价有助于遏制城市扩张,鼓励以公共交通为导向的开发,构建紧凑型城市。这也可以更广泛地改善城市宜居性(见第5章)。该定价机制带来的收入还可用于投资改善公共交通和主动出行模式(ITF, 2018^[25])。经验证,将潜在收入用于改善可持续交通模式及道路安全可以提高公众对这些定价机制的接受程度(Baranzini, Carattini 和 Tesauro, 2021^[27])。积极宣传拥堵收费的效益有助于提高公众的认可度。

最后,完整的高目标情景综合设定了“仅投资”情景下的投资和激励措施以及“仅抑制”情景下的定价和限制措施。该情景设定城市规划将发生系统性变革,促进综合性土地利用规划、功能齐全的区域开发以及城市密度的增加,防止城市扩张,缩短出行距离,提高公共交通的可达性。

因此,在高目标情景下,到2050年,总旅客周转量将下降,主动出行的模式占比达到最高水平(27%),而私人机动车辆出行占比下降至最低水平(36%),公共交通出行占比也有所下降。高目标情景下,为满足到2050年之前不断增长的出行需求而设定的各种政策措施有助于推动在更大范围内转向可持续出行模式,从而降低城市客运的总排放。

3.2.4 更好、更加安全的城市街道有助于推行主动出行

推动主动出行需综合采用不同措施,包括投资建设基础设施、改善出行体验以及针对出行行为转变进行宣传。作为提倡主动出行的第一步,高目标情景增加了对主动出行基础设施的投资,例如扩大自行车道网络以及增加人行道的宽度和质量。在哥伦比亚波哥大,模拟实验表明,在政策雄心较低的情景下,到2050年,步行的模式占比仅出现小幅增长,而若改善步行和骑行基础设施,可令该市的骑行占比翻一番(Papaioannou 和 Windisch, 2022^[29])。

管理部门还可以通过改善行人的步行体验引导居民转向主动出行。例如,提高城市街道安全环境,尤其是针对女性,可以通过提供更好的公共照明或开展宣传活动减少性骚扰风险(Chant 和 McIlwaine, 2016^[30])。管理部门如果能针对特定人群开展宣传活动,也有助于推动他们转向主动出行模式。这类宣传活动还能提高公众对改善基础设施等“硬性”措施的接受度,例如为主动出行而非私人机动车辆重新分配街道空间(Markvica 等, 2020^[31])。

在高目标情景下,新兴地区的主动出行明显比当前目标情景下更普及。在两种情景下,世界各地的人们对主动出行模式(包括步行、自行车以及其他活动)的需求都将增长(图3.8)。增长潜力最大的是SEA,该地区的主动出行在高目标情景下比当前目标情景高出55%。在MENA和TAP地区,相应的增幅分别达到51%和41%。

相比之下,高目标情景下发达地区对主动出行模式的需求增长幅度有限。例如,欧洲的需求将增长8%,ENE地区增长13%,而UCAN国家仅增长3%左右。此外,在UCAN国家中,许多城市的格局已经确定,因此,主动出行在两种情景下都仅维持最小的模式占比。

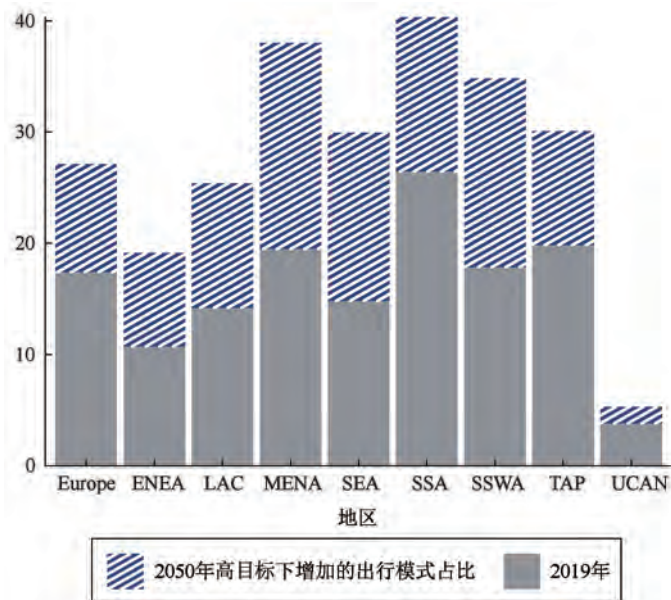


图 3.8 2050 年高目标情景下城市主动出行模式的客运周转量

注：图中所示为 ITF 的模拟估算。当前目标和高目标指模拟的两种主要政策情景，代表运输脱碳的两种雄心水平。ENEA：东亚及东北亚地区。LAC：拉丁美洲和加勒比地区。MENA：中东和北非地区。SEA：东南亚地区。SSA：撒哈拉以南非洲地区。SSWA：南亚及西南亚地区。TAP：转型经济体和其他亚太地区国家。UCAN：美国、加拿大、澳大利亚及新西兰。

确保步行和骑行基础设施投资拥有充足的资金来源对提升基础设施的可及性至关重要。在世界大多数地区，高目标情景下模拟的主动出行增加有一半以上发生在城市地区的核心，而不是在城市周边。出现这一趋势的部分原因可能是，与城市中心地区相比，城市周边地区提高慢行交通基础设施密度的难度更大。然而，也有可能是因为城市核心地区和周边地区对基础设施的投资水平存在差异。

最近对欧洲多个城市的分析表明，主动出行基础设施高度集中于城市中心和富裕地区，而不是低收入社区 (Cunha, 2022^[32])。人口密度较低的地区很难维持公共交通，自行车等慢行交通模式是这些地区提高可及性的主要方式。要增加主动出行模式对所有人的吸引力，弥合城市中心地区和周边地区在主动出行基础设施上存在的差距是非常重要的一步。

3.2.5 公共交通需要具备吸引力和充足的资金

公共交通在城市运输脱碳中发挥着至关重要的作用。然而，公共交通网络需要提供可及、班次频繁、安全且可靠的服务才能具备吸引力。因此，要确保公共交通的吸引力，就需要投资。国际运输工人同盟和 C40 城市气候领导小组进行的模拟 (2021^[33]) 表明，投资公共交通还可支持就业。在本报告探讨的两种政策情景下，虽然一些城市的公共交通模式占比不会增加，但整体而言，公共交通网络将承运更多乘客。在当前目标和高目标情景下，公共交通的旅客周转量都有所增加。

2019—2050 年每个地区的公共交通需求都将增长。在高目标情景下 (图 3.9)，每个地区城市公共交通承运的旅客周转量都在增加。增长幅度最大的地区是 UCAN，其中公共交通客运周转量增长 3 倍多。相比之下，其他高收入地区，如 ENEA 和欧洲，增长率分别为 38% 和 48%。在 SEA 地区，客运周转量大约增长 3 倍，而在 MENA 地区则将翻一番。这些增长反映出城市的公共交通客流量不断增长，但也意味着随着城市面积的扩大，平均出行距离也无可避免地会增加。

鉴于需求增加，公共交通规划需要注意维持现有出行，并随着城市人口增长吸引新的出行。公共交通使用的显著激增来源于高目标情景下设定的措施，包括增加对公共汽车、快速公交和轨道的投资。此外，城市更加紧凑的开发促使人们可以更加容易地使用公共交通服务。

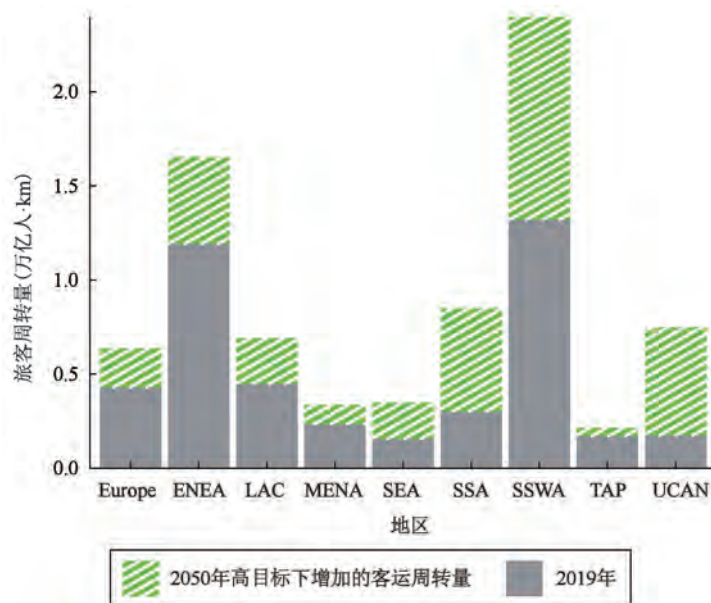


图 3.9 高目标情景下公共交通承运的城市客运周转量

注:图中所示为 ITF 的模拟估算。公共交通包括铁路、地铁、公共汽车、轻轨交通和快速公交。当前目标和高目标指模拟的两种主要政策情景,代表运输脱碳的两种雄心水平。ENEA:东亚及东北亚地区。LAC:拉丁美洲和加勒比地区。MENA:中东和北非地区。SEA:东南亚地区。SSA:撒哈拉以南非洲地区。SSWA:南亚及西南亚地区。TAP:转型经济体和其他亚太地区国家。UCAN:美国、加拿大、澳大利亚及新西兰。

图 3.10 显示出高目标情景下公共交通模式的客运周转量占比。对公共交通的投资需要关注到各种车辆类型,以更好地满足不同城市区域的需求。例如,对于大型公共交通服务而言,我们可以在主干道沿线部署地铁或 BRT,并辅以更灵活的公共汽车服务。尤其是针对公共汽车,投资优先措施和快速车道可以提升服务的可靠性。

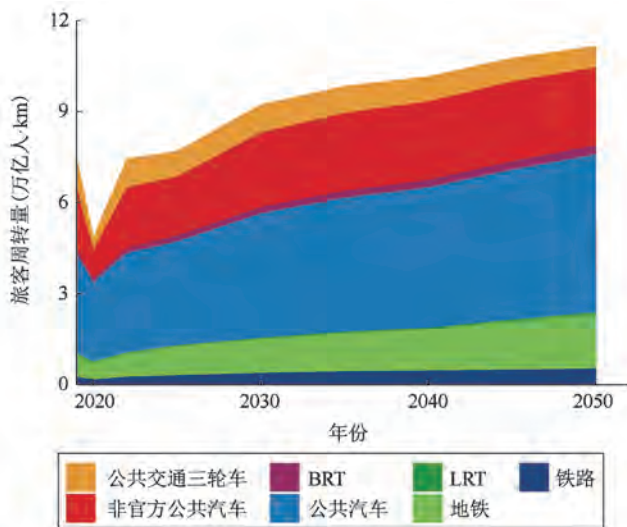


图 3.10 高目标情景下不同公共交通模式的客运需求

注:图中所示为 ITF 的模拟估算。当前目标和高目标指模拟的两种主要政策情景,代表运输脱碳的两种雄心水平。公共交通三轮车包括机动三轮车等车辆。BRT:快速公交。LRT:轻轨交通。

并非所有公共交通投资都需要资金投入。管理部门面临的挑战是提供可负担的高质量服务吸引用户,而不仅仅只是为别无他选的居民提供唯一的选择。为此,公共交通服务应该是可靠的,能令用户的出行安全舒适且尽可能高效。

提供有吸引力的公共交通需要资金来维持服务并扩大网络。其中面临的一个关键问题是,公共交通的投资是否以长期战略规划为指导,并能获得中期的资金支持。本报告建议政策制定者采用“决定并提供”的投资方式,详见本报告第6章。

“决定并提供”方式是指在战略意义上根据交通系统的未来愿景进行投资。采用这种方法,可以在众多投资选项中锁定战略选项,为其提供支持并保障确定性。这种方式还可以确保待投资项目的一致性,避免特定时期因需求变化而导致成本飙升。

公共交通的资金保障是一项巨大挑战,特别是在高目标情景设定的交通模式转变下。大多数情况下,公共交通费用其实不包括服务成本,这意味着需要政府提供某种形式的公共补贴。公共交通依赖一般预算拨款补贴,导致资金供应不确定,并可能破坏长期规划。

最近的研究已经确定,公共交通的资金来源范围包括票价、税收、车辆或道路使用收费(包括与停车相关的收费)以及财产收入(包括租赁收入和土地价值获取)(Litman, 2022^[34])。不同国家和地区的做法各不相同,ITF 工作小组目前正在探讨未来的最佳实践方案。

许多国家已经开始开发或研究土地价值捕获机制,以此作为资助大型基础设施工程项目的方之一。然而,公共交通投资并不仅仅只是这些大型基础设施建设的资本措施。要想公共交通在未来达到理想的模式占比,投资运营(例如改善服务)也至关重要。

面对如此规模的挑战,所有融资选择都有待优化。也就是说,未来的战略还应考虑如何提高票价收入对融资的贡献程度,同时保持票价在不损害客流量或可及性的水平。这一点可能会引发争议,也可能极具政治敏感性。此外,我们需要制定明确且透明的定价政策,并作出适当有针对性的让步。这些原则旨在平衡用户融资和公共补贴,提供有效的用户激励,支持实现运输脱碳和交通可及的政策目标。

税收,比如对道路使用者征收的费用,也有潜力成为公共交通的融资来源之一。法国的“出行支付”也是利用税收支持公共交通融资的典型事例。这项税由雇员超过11人的雇主缴纳,已经有50多年的历史。其中的基本逻辑就是向雇主征收公共交通网络收益税,因为他们的雇员正是利用公共交通网络通勤上班。

“出行支付”逐渐扩大范围和规模。一开始只是适用于法国首都地区,但现在全国范围内的大都市交通管理部门都可以决定是否征这项税。“出行支付”的收入一开始只用于资助公共交通,但现在也可以用于其他交通项目(例如,投资主动出行)。

“出行支付”提供了一个庞大且不断增长的资金来源,令管理部门有条件在增加服务的同时,人为保持低廉的票价。实际上,“出行支付”已经基本取代票价收入并在总体融资中占据越来越高的比例。这是因为在过去的25~30年里,票价对运营资金的贡献比例相较于之前下降了大约50%(Cour des comptes, 2022^[35])。

值得注意的是,“出行支付”已经在法国持续使用了几十年,但这个策略在其他国家都还未得到采用。这是因为围绕设定专用税种展开政治讨论,尤其是会直接影响雇主的税种,存在很大的难度。在未来几年,虽然一些城市可能采用这种措施为公共交通系统提供资金,但专用税的大范围应用潜力将受到限制。

3.2.6 共享出行和多模式出行服务可以加强交通网络

城市如果想在运输需求较低的地方提供覆盖范围广泛、路线固定的公共交通可能会面临财政挑战。此外,对管理部门和运营商而言,在难以达到临界数量的区域维持运营公共交通的难度可能更大。

在这种情况下,覆盖多种交通模式的综合型可持续交通网络显得更为重要,而新出现的按需服务可以帮助填补公共交通的供给空白。加强公共交通、按需出行解决方案(如共享出行)和主动出行之间的联通性,将成为发展中国家和发达国家为需求较低的地区提供公共交通的关键手段。

与非官方交通服务运营商合作并将他们的服务纳入城市交通系统应成为重点关注的领域,尤其是在发展中地区。非官方公共交通可以提供灵活的按需服务,满足发展中城市中低收入居民的交通需求,

尽管他们没有正式纳入现有的公共交通服务体系。

例如,在波哥大和墨西哥城,在非官方公共交通的辅助下,公共交通网络的整体可及性分别提高了 35% 和 54% (OECD, 2022^[37])。在本报告的高目标情景下,到 2050 年,SSWA 大约 16% 的交通需求需要依靠非官方公共交通。在 SSA,相应的比例大约是 23%。在高目标情景下,到 2050 年,大多数地区非官方公共交通的模式占比都比较低,官方共享出行模式和公共交通的占比略高。

共享出行的增加可以通过数字化将现有服务规范化,进一步挖掘发展中城市现有非官方按需交通网络的潜力。墨西哥城的经验表明,非官方交通服务的驾驶员可以适应基于应用程序开发的出行服务 (ITF, 2019^[38]; Flores Dewey, 2019^[39])。对拉丁美洲的研究也发现,推进非官方交通数字化可以加强公共交通网络并减少拥堵,但前提是新的服务必须与公共交通相互合作,将乘客送往交通干线网络,而不是与公共交通相互竞争 (Paternina Blanco, 2020^[40])。

在发达经济体,共享出行也具有补充公共交通的潜力。在高目标情景下,到 2050 年,欧洲和 ENEA 的共享出行服务可以满足大约 5% 的需求。如果加以整合,综合型交通服务占据的空间更少,并可明显缓解城市拥堵,释放街道空间 (ITF, 2022^[41])。

模拟结果证明了在公共交通之外投资多模式出行服务的重要性。从图 3.11 中可以看出,相较于当前目标情景,高目标以及“公共交通投资”情景和“多模式出行投资”情景下私人机动车辆的车辆千米数可能会减少。

图 3.11 所示的交通减少来源于两方面的作用:一是投资促进了共享交通、按需交通服务与公共交通网络的整合;二是整个高目标情景设定了车辆限制等其他措施。从图中可以看出,到 2050 年,投资多模式出行服务促使私人机动车辆使用减少可能高于单对公共交通的投资。同时,一个更具雄心的政策议程(在高目标情景下),促进整合土地利用和交通规划,并制定私人机动车辆通行法规,产生的效果可能是多模式出行服务投资的 4 倍。

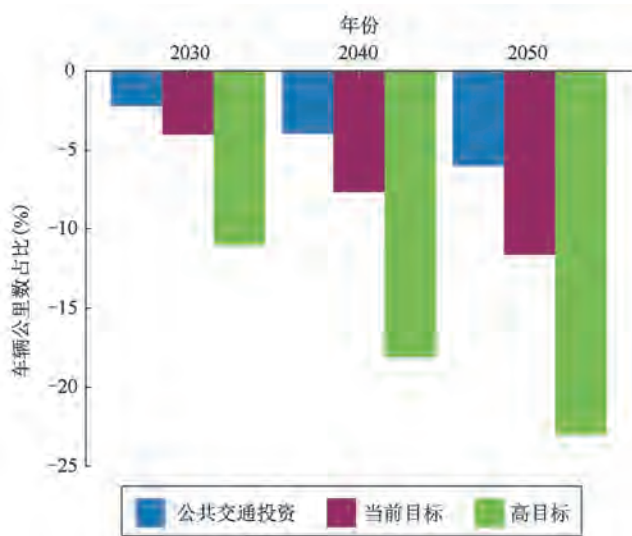


图 3.11 高目标情景及其他两个投资情景下私人机动车辆的车辆千米数变化

注:图中所示为 ITF 的模拟估算。当前目标和高目标指模拟的两种主要政策情景,代表运输脱碳的两种雄心水平。“公共交通投资”情景包含高目标情景对公共交通优先措施和快速车道的投资水平以及对服务和基础设施的改善,但其他措施维持在当前目标情景的水平。“多模式出行投资”情景则设定了高目标情景下对共享出行的提倡力度以及对多模式出行的投资水平,例如统一公共交通票价以及开发“出行即服务”等多模式出行平台。

“多模式出行投资”和高目标情景设定了 MaaS 和多模式出行服务,可提高公共交通与共享出行之间的整合度,改善公共交通的可及性,减少换乘时间。预计这将减少使用汽车的吸引力。然而 MaaS 的可行性尚未得到证实 (ITF, 2021^[42])。

MaaS 最常设定的愿景是商业 MaaS 提供商在竞争环境下提供具有吸引力的客户服务。然而,可行的商业模式尚未出现。旅游或商务差旅管理等潜在案例可帮助确定试销市场(ITF,2021^[42])。

要了解 MaaS 服务的日常潜力和影响,还需开展更多的试点,开展更多的案例研究。鉴于这种不确定性,政府在开发综合型多模式出行服务时,可以更多地考虑让其发挥辅助作用,而不是主导作用,以更快地发挥出他们对运输脱碳和交通可及性等政策目标的潜在效益。ITF 工作小组目前正在探索这一主题(ITF,2023^[43])。

3.2.7 城市物流必须成为战略规划的一部分

城市区域是全球供应链的重要节点,特别是在拥有或接近港口及其腹地的城市(Wang 等,2016^[44])。城市管理部门对管理和规范城市货运活动往往比较被动,我们确实拥有一些工具可以确保货运活动与城市的战略目标保持一致,例如管理货运活动通过的空间(ITF,2022^[45])。

相较于2019年,全球城市货运活动到2050年将增长2.6倍,每个地区的货运需求都在增长。虽然SSWA和SSA的增长幅度最大,但ENEAMENA和SEA的城市货运需求也出现了强劲增长。到2050年,这些地区将经历人口的快速城镇化和经济蒸蒸日上。在一些新兴地区,中产阶级的不断壮大预计将带来一波消费热潮,这一点在SEA已经清晰可见(ITF,2022^[73];WEF,2020^[74])。与未来几年的高城镇化比率相一致,ENEAMENA的城市货运预计将增长3倍。

不断增长的城市货运量会加剧城市拥堵并助长城市扩张,加剧物流活动对稀缺的城市土地和街道空间的压力(ITF,2022^[45])。

例如,线上零售商最近大幅增加了城市和大都市范围内的物流足迹。出行限制以及其它应对新型冠状病毒疫情的政策加强了这一趋势(Schorung和Lecourt,2021^[46])。管理部门需要强劲的监管框架来管理和处理日益增长的物流活动带来的影响(ITF,2022^[45])。强制性规划文件,如可持续城市物流规划(SULP),可以为建设大都市范围内的物流能力和公共治理提供一个框架(Aifandopoulou和Xenou,2019^[47])。

在当前目标情景下,机动模式承载了大部分城市货运。2019年,全球范围内的城市货运几乎都是由各种类型的机动车辆所完成。以车辆1公里数而言,非机动车模式和微交通模式(包括两轮和三轮车)约占城市货流的11%。到2050年,这一数字在当前目标情景下增至29%,在高目标情景下增至39%。

在当前目标情景下,2019年通过机动模式完成的城市货运货物周转量中,货车占据最高份额(89%)(图3.12)。但因为货车拥有较高的重型载货运输能力,重型货车(HGVs)在车辆-1公里总数中所占比例不到30%。它们不太适合运送包裹等轻型货物。

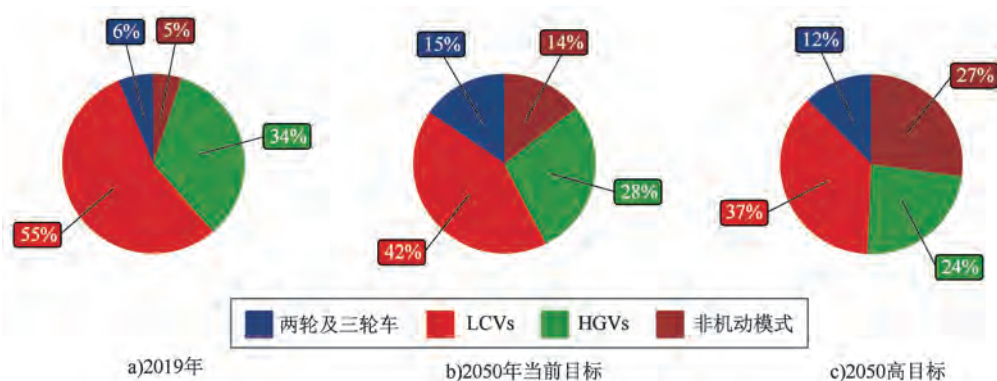


图 3.12 当前目标和高目标情景下城市货运机动车模式的需求和车流量占比

注:图中所示为ITF的模拟估算。当前目标和高目标指模拟的两种主要政策情景,代表运输脱碳的两种雄心水平。LCVs:轻型商用车。HGVs:重型货车。

轻型商用车辆(LCV)是包裹投递的首选,因此占2019年车辆公里数的55%。HGV适合运输较重的货物和商品,因此在车流量中占比较小,但在货物周转量中占比较高。提高快递效率可以减少机动货运以及每次投递产生的CO₂排放量。

高目标情景设定了相关措施,鼓励货运承运方提高货运效率,避免不必要的运输路程,例如,鼓励承运方之间或托运方与承运方之间共享资产。这类激励措施可以提高货物载荷,减少空载运输和行驶距离总量。之前的分析表明,在人口密集的城市,货物合并运输可以减少大约30%的运输里程以及大约25%的送货时间和成本(Bouton等,2017^[48])。

管理部门可以帮助加强承运方之间的合作,提高货运效率,例如,管理部门可以推进创建共享的实体城市物流中心,并推行共同的数据分享机制。还有一些该情景并未包含的需求管理措施等(ITF,2022^[45])。为此,与货运托运方和承运方之间的合作至关重要(Holguín - Veras和Sánchez-Díaz,2016^[49])。

转向非机动车模式也可以减少城市货运排放。到2050年,高目标情景下机动车辆运输的城市货物流量将比当前目标情景低7%左右。每个地区的非机动车模式都将出现大幅增长,特别是ENEA、SEA、SSA和SSWA。

高目标情景设定在最后1mile的投递中推广货运自行车,因此在该情景下,到2050年,每个地区非机动车模式的货物周转量将比当前目标情景翻一番。转向自行车投递还可以降低运营商的能源成本(Prato Sánchez,2021^[50])并减少城市的噪声和拥堵(Cairns和Sloman,2019^[51];Koning和Conway,2016^[52])。相较于非电动自行车,电动货运自行车还可以进一步提高载货能力,扩大运送范围。但这种交通模式转变可能对运营商产生负面的外部影响。例如,如果自行车投递增加了驾驶员的运输时间,可能会影响人员成本(Arnold,F.等,2018^[53])。

城市管理部门可以投资改善骑行基础设施,促进自行车投递的推广。管理部门还可以对污染较高的车辆实行不同级别的通行限制,并为非机动车投递分配优先空间。推进建设物流转运设施,用于将货物从大型货车上卸载至货运自行车上,以缩短最后一段路程的距离。

鉴于非机动车模式可能影响货运承运方的商业模式,管理部门必须仔细考虑鼓励转向非机动车模式的措施,确保措施能得以采用。管理部门在落实这些措施的同时,必须确保提高货运效率。各项行动之间的协调有助于确保在适当的条件下最大限度地使用大型车辆的运输能力,同时在任何可能的条件下使用小型车辆完成距离较短的运输(ITF,2022^[45])。

可以设置投递和取件地点。例如,包裹储物柜或允许用户前往取件的服务站,也可以减少城市环境中的机动货运活动。最近的ITF分析表明,这类基础设施可以覆盖一个城市20%的包裹取件(ITF,2022^[45])。本报告的模拟结果表明,在高目标情景下,到2050年包裹运输的车辆公里总数可以减少38%。因为这项措施可立即实施,因此仅引入取件点预计在2025年就能将包裹运输的车辆公里数减少3%,到2030年将减少13%。

如果市民使用非机动车模式取代私人机动车辆来取包裹,设置收件点可以促进非机动车模式的使用,这种促进效果在收件点密集的城市更容易实现。例如,在奥地利格拉茨,对取/送点用户的分析显示,大约一半的用户愿意步行或骑自行车到取/送点(Hofer等,2020)。如果终端用户使用汽车等私人机动车辆前往收件点,就会降低这类措施促进可持续城市运输的潜力。这就说明,我们在处理与电商相关的运输流时,应该同时考虑到货运和客运。

3.3 地区出行:解决农村人口对汽车的依赖

未来几年,全球农村人口预计将会减少。在世界大多数地区,农村人口到2050年之前将保持稳定或出现下降,特别是在高收入地区,包括ENEA、欧洲和UCAN。在这些地区,由于许多国家的人口达到顶峰并开始下降,或像中国等国家一样出现高度城镇化,农村人口将平均减少50%。在中高、中低和低

收入地区,2019—2050 年农村人口将保持稳定或仅出现小幅增长。

未来几乎所有地区的非城市客运需求都将反映出农村人口的变化(图 3.13)。在 ENEA、欧洲和 UCAN 等高收入地区,2019—2050 年,城区以外的交通需求将下降,其中 ENEA 下降 61%,欧洲下降 22%,UCAN 下降 35%。至于其他地区,发展中地区人均生产总值的大幅增长将推动地区出行持续增长,但增速低于城市出行。

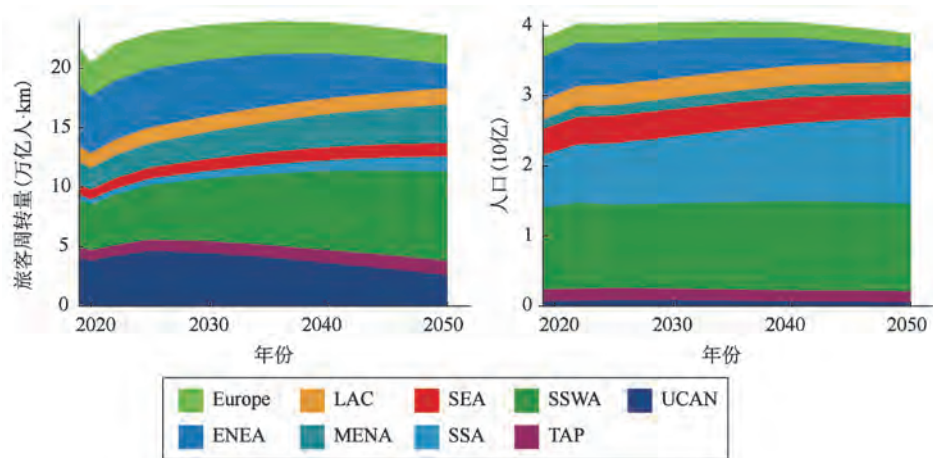


图 3.13 当前目标情景下世界各地的地区运输需求和农村人口

注:图中所示为 ITF 的模拟估算。指数化比例各地区不同,以便对比各地区的结果趋势以及未来人口和客运周转量的差异。当前目标和高目标指模拟的两种主要政策情景,代表运输脱碳的两种雄心水平。ENEA:东亚及东北亚地区。LAC:拉丁美洲和加勒比地区。MENA:中东和北非地区。SEA:东南亚地区。SSA:撒哈拉以南非洲地区。SSWA:南亚及西南亚地区。TAP:转型经济体和其他亚太地区国家。UCAN:美国、加拿大、澳大利亚及新西兰。Europe:欧洲。

地区出行需求下降可能令人口密度较低的地区难以获得资金用于建设和维持可及且可持续的交通。地区运输需求下降也可能影响地区交通服务的财政可持续性。发展按需运输服务,并进一步推动以农村地区为目标的共享出行和主动出行,有助于维持这些地区可及性水平。其他可行措施包括制定兼顾城市和农村地区的国家可及性政策,如制定可持续地区出行计划(ITF,2021^[55])。总而言之,必须全面地重新考虑和规划地区运输活动,以满足农村和人口密度较低的城郊居民未来的可及性需求。

3.3.1 在可预见的未来,汽车仍将是地区出行的主要交通工具

在大多数地区,私人机动车辆都是地区出行的主要交通工具。2019 年,全球超过一半的地区出行旅客周转量是由私人机动车辆完成的。世界大部分地区都是这个趋势:2019—2050 年,在两种情景下,欧洲、LAC 和 MENA 的私人机动车辆模式占比都达到大约 70%。在 UCAN,在两种情景下,到 2050 年,乘用车将保持大约 95% 的模式占比。ENEA 和 SSWA 是仅有的例外,私家车占比不到 30%。而且在这些地区,两轮和三轮车在地区出行的旅客周转量中分别占到 16% (ENEA) 和 7% (SSWA) 以上。

即使在高目标情景下,到 2050 年私人机动车辆仍将是地区出行的主要交通工具(图 3.14)。在高目标情景下,2019—2050 年,欧洲私人机动车辆行驶的旅客周转量将减少 20% 以上,UCAN 将减少 30% 以上,ENEA 减少 60% 以上,下降幅度略高于当前目标情景。事实上,随着时间推移而产生的变化比不同情景之间的差异更加明显,说明我们针对地区出行相对缺少广泛确立的政策干预。

然而,即便欧洲和 UCAN 的地区出行需求总体下降,到 2050 年,这些地区私人机动车辆覆盖的旅客周转量占比依然保持在高位。ENEA 的乘用车占比在 2050 年为 20%。在新兴地区,即便是在高目标情景下,私人机动车辆模式占比也只会增加——MENA 几乎翻一番,而 SSA 则增长 3 倍以上。因此,除了 SSWA,在大多数发展中地区,私人机动车辆仍然是地区出行的主要方式。

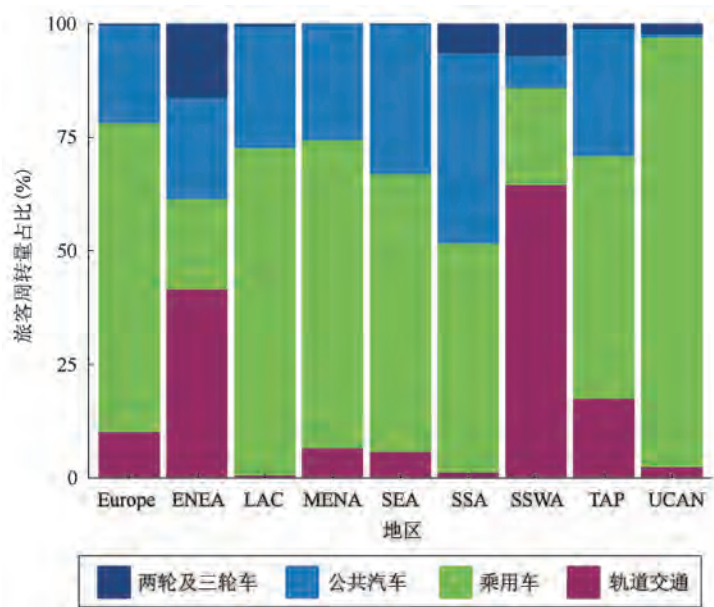


图 3.14 2050 年高目标情景下地区出行的交通模式占比

注：图中所示为 ITF 的模拟估算。2&3Ws：两轮和三轮车。当前目标和高目标指模拟的两种主要政策情景，代表运输脱碳的两种雄心水平。ENEA：东亚及东北亚地区。LAC：拉丁美洲和加勒比地区。MENA：中东和北非地区。SEA：东南亚地区。SSA：撒哈拉以南非洲地区。SSWA：南亚及西南亚地区。TAP：转型经济体和其他亚太地区国家。UCAN：美国、加拿大、澳大利亚及新西兰。Europe：欧洲。

随着时间的推移，我们必须转向铁路运输。2019—2050 年，铁路覆盖的旅客周转量在两种情景下都将增加，幅度达到 60% 以上。这一增幅超过地区旅客周转量 5% 的总体涨幅。这一结果表明，无论在何种政策雄心下，铁路在非城市环境中都非常重要。向铁路模式的转变主要得益于碳定价导致汽车使用成本增加。

汽车持续占据较高的模式占比，意味着人口密度普遍较低、出行模式更加分散的地区实现模式转变面临很大困难。欧盟委员会的最新研究 (EC, 2019^[56]) 发现，在道路畅通的农村地区使用内燃机 (ICE) 车辆产生的外部成本明显低于在拥堵的城市区域使用汽车产生的外部成本。在不拥堵的农村环境中，零排放车辆 (ZEV) 的外部影响还要更低。

这表明，我们可以加速 ZEV 在城市以外地区的使用，并在条件合适的情况下投资铁路和集体出行模式，从而推动地区运输脱碳。在这一背景下，碳定价将是淘汰内燃机车辆、管理技术转型过程中的关键政策措施。我们必须设计公平的定价措施，确保低收入家庭不会承受不公平的不利影响。正如《ITF 交通运输展望 2021》所述，在设计这些机制时，需要特别注意并进行前瞻性影响分析。我们也可以将这些机制与其他鼓励使用 ZEV 的激励措施结合起来 (见第 4 章)。

增加 ZEV 的使用有助于实现脱碳。但依靠私人机动模式 (即便这些出行模式并不产生排放) 无法改善那些负担不起或无法使用汽车的群体的可及性。2021 年，ITF 关于农村出行的报告 (ITF, 2021^[55]) 指出，需要更好的管理和更加灵活的法规帮助这些地区提供出行解决方案。我们还需要创新融资和拨款制度；财政支持应该与这些方案的影响挂钩，而不是看这些方案有多“高科技”。

本报告的结果显示，这类解决方案的客流量可能还是比较低，但具有更大的灵活性。工作组还建议为共享出行模式提供更多资金，增加对主动出行的投资。新的 ITF 工作组目前正在制定针对可持续与可及性的建议 (ITF, 日期不详^[57])。

3.4 国际和城际出行：收入增加，出行增多

2019—2050 年,大部分国际和城际出行需求在两种政策情景下都是来自高收入地区的居民。ENEA、欧洲和 UCAN 未来在两种情景下都将覆盖三分之二以上的国际和城际旅客周转量。

如图 3.15 所示,2019 年,生活在全球高收入地区(如 ENEA、欧洲或 UCAN)的居民平均每人完成 5000km 的国际和城际出行。这比 LAC 等中高收入地区的平均需求高出 67%,是 SSA 等低收入地区的 10 倍以上。

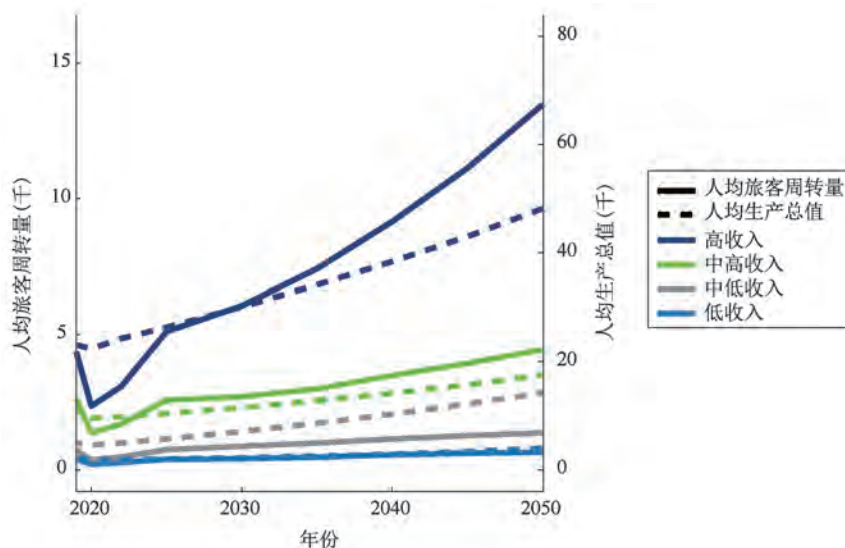


图 3.15 高目标情景下以收入划分的世界各地区的人均国内生产总值和城际及国际出行需求

注:收入划分依据世界银行的《世界发展指标》。根据世界银行对报告区大部分经济体的分类,将该地区标为“低收入”“中低收入”“中高收入”/“高收入”。GDP 数据是 ITF 根据经合组织 ENV - Linkages 模型得出的估算值。

来源:世界银行(2022)。经合组织 ENV - Linkages 模型: <http://www.oecd.org/environment/indicators-modelling-outlooks/modelling.htm>。

在当前目标情景下,伴随着人均生产总值的增长,低收入地区居民的国际和城际客运需求将逐渐追上高收入地区。

中低收入和低收入地区的人均 GDP 将分别增长 3 倍和 2 倍。伴随着收入的增加,人均出行需求也相应增长。但是,包括 ENEA、欧洲和 UCAN 在内的高收入地区的出行需求也将继续增长。在当前目标情景下,高收入地区的需求到 2050 年之前大约将增长 3 倍。

高目标情景设定了需求管理措施。例如,针对航空出行的机票税以及适用范围更普遍的碳定价机制。该情景设定在可提供质量合格的铁路服务的地区,对小于 500km 的航班实施短途航班禁令。这些措施降低了碳密集型运输模式的吸引力。到 2050 年,高目标情景下各地区与航空相关的旅客周转量都低于当前目标情景。此外,高目标情景下世界各地区的铁路使用率也比当前目标情景更高。

3.4.1 国际和城际出行模式转变的潜力取决于出行距离

总体而言,乘用车和飞机是城际和国际出行的主要出行模式(图 3.16),但也是碳强度最高的出行模式。因此,在条件允许的情况下,将这类交通活动转向更为可持续的交通模式可以减少排放。但不同距离的主要出行模式各不相同,且常常缺少现实可行的替代选项。

对于距离不超过 500km 的短途出行,铁路和汽车是最普遍的出行方式。在当前目标和高目标情景下,人们都高度依赖私人机动车辆完成中等距离的出行(500 ~ 3000km)。相比之下,航空模式大多用于长途出行(即超过 3000km)。实际上,交通模式转变虽然是一个经常提及的政策目标,但向低排放交通模式的转变却迟迟未能实现(ITF, 2022^[59])。

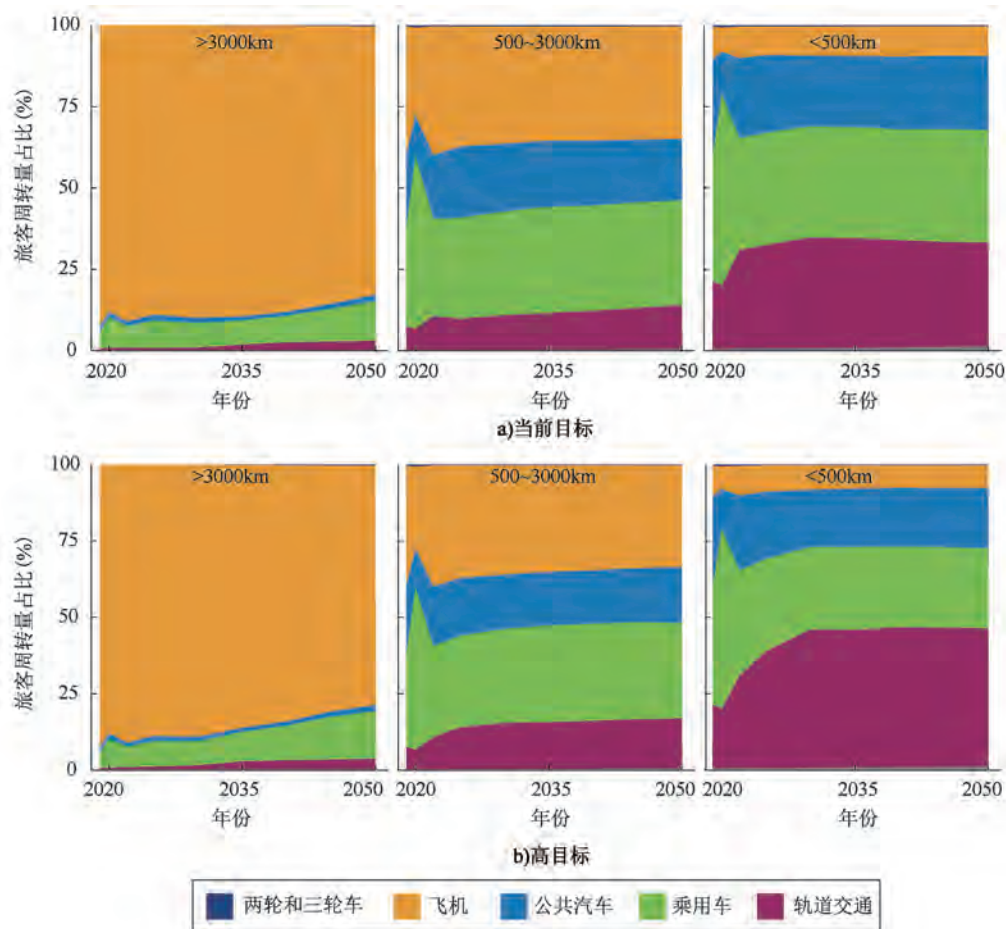


图 3.16 当前目标和高目标情景下不同出行距离下城际和国际客运的模式占比
注:图中所示为 ITF 的模拟估算。当前目标和高目标指模拟的两种主要政策情景,代表运输脱碳的两种雄心水平。

500km 以内的城际和国际出行可采用各种不同的出行模式,包括铁路、渡轮、汽车、摩托车、公共汽车和航空等。2019 年,集体制地面交通模式在短途出行中就已经占据了相当高的比例,其中大约 29% 的需求由城际客车完成,另有 21% 由铁路完成。到 2050 年,集体制地面交通模式在两种情景下都可以覆盖一半以上的需求。在一些地区,推动 500km 以内的出行完成模式转变比在其他地区更具重要性。

航空是碳强度最高的交通方式。因此,脱碳讨论中常常将取消航空出行作为候选的干预措施。考虑到短途出行拥有很多备选模式,本报告中高目标情景设定了一项政策,在可提供高质量铁路服务的地方禁止直飞距离小于 500km 的航班。一些国家已经在考虑采取这类措施解决碳密集型短途出行。例如,欧盟最近批准了法国对部分国内航班的禁令 (EC, 2022^[60]), 尽管该禁令目前只影响三条航线 (Eccles, 2022^[61])。

实施这类短途航班禁令,到 2050 年之前,可以将短途航班产生的 49% 的旅客周转量转移到铁路上。然而,要达到这一数字,还需要进一步扩大全球铁路网络,提高城际铁路线路的质量,并改善枢纽火车站与机场之间的联通性。本报告假设全球铁路网络将从需求和成本角度出发,不断扩大,提供所有可行连接,在此背景下,2019—2050 年,非城市铁路旅客周转量将增长 2.8 倍。

短途航班禁令的效果因地区而异。效果最明显的地区可能是 ENEA、欧洲和 UCAN,这些地区的国家已经或计划投资现有铁路网络,意味着铁路交通的可及性和质量会随着时间的推移而不断提高。在这些地区,禁令也许会影响到短途航班大约 64% 的旅客周转量。其他地区则因为缺乏铁路基础设施影响了这类措施的效果。

此外,短途出行在国际和城际出行中所占比例不到 11%,而短途航班仅占航空乘客-公里总数的

2.6%。因此,旅客从短途航班转向铁路只影响到航空出行产生的乘客-公里总数的1.2%。这还是在航班禁令要求的高质量铁路备选方案处于合理低位下得出的结果。如果我们要求必须在提供高速铁路备选方案的条件下才能实施航班禁令,那受影响的短途航班所占的旅客周转量将进一步下滑至3%,仅占航空乘客-公里总数的0.1%。

高目标情景设定投资的铁路符合短途航班禁令所要求的门槛标准。但新兴经济体需要资金来支持发展基础设施,促进中短途城际和国际出行转变出行模式。目前,发展中地区的基础设施差距影响了他们将短途城际出行转向更可持续的集体制地面交通模式的能力。

例如,孟加拉国已经确定了1240亿美元的融资需求,作为国家自主贡献(NDC)的一部分,支持交通缓解措施。其中近90%的融资需要国际支持,而大约三分之一的支持必须针对特定措施,利用包括铁路在内的集体制地面可持续交通模式改善城际联通性(SLOCAT,2022^[62])。要确保发展中地区实现潜在的脱碳储蓄,享受转向更可持续交通模式所带来的裨益,就必须增加可用资金。

鉴于世界上大多数国际和城际长途出行只能采用航空模式,航空脱碳的必要性日益明显。随着出行距离增加,可用的替代出行模式变少,出行模式转变政策的适用性也就越来越低。要实现长途出行的脱碳,只能或者降低运输工具的排放,或者缩短出行距离本身。图3.17显示了2050年不同地区不同出行距离的城际和国际出行需求。

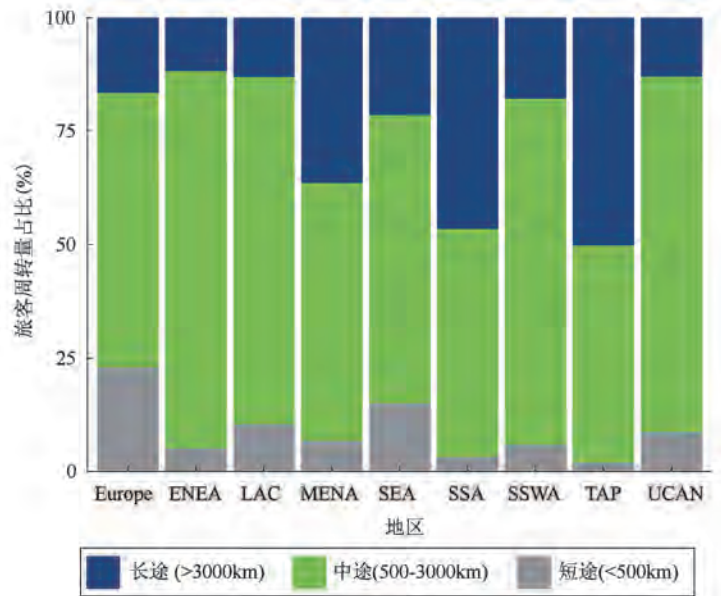


图 3.17 2050 年当前目标情景下各地区的国际和城际出行需求

注:图中所示为 ITF 的模拟估算。当前目标和高目标指模拟的两种主要政策情景,代表运输脱碳的两种雄心水平。ENEA:东亚及东北亚地区。LAC:拉丁美洲和加勒比地区。MENA:中东和北非。SEA:东南亚地区。SSA:撒哈拉以南非洲地区。SSWA:南亚及西南亚地区。TAP:转型经济体和其他亚太地区国家。UCAN:美国、加拿大、澳大利亚及新西兰。Europe:欧洲。

如图 3.17 所示,在大多数地区,以航空和汽车为主要交通模式的中程和长途出行将占据大部分需求。从图中还可以看出,在许多新兴地区,相当比例的国际和城际出行都是长途出行。此外,在世界一些地区,3000km 以上的出行占城际和国际需求的一半。而这些出行通常只采用航空模式,排除了将需求转移到其他模式的可能性。

要减小旅客周转量,可以用短途出行替代长途出行(例如更多地转向本地旅游)或完全取消出行需求(例如用电话会议代替商务出行)。然而,这些措施可能会影响到一些人和国家,尤其是那些依赖旅游、经济发展的人和国家。如果要在不增加排放量的情况下实现客运增长,就必须加快航空、公路交通技术和燃料向低排放和零排放模式转变(见第 4 章)。

3.5 非城市货运:提高效率和可持续性的政策

2019—2050年,非城市货运需求在高目标情景下将增长52%,在当前目标情景下将增长95%。在高目标情景下,雄心勃勃的政策旨在提高货运活动的运营效率,避免不必要的运输。此外,如果各国履行逐步淘汰化石燃料的承诺,也可以避免一些运输活动。定价措施对于在可能的条件下推行模式转变也具有重要意义。总体而言,2050年高目标情景下货物周转量比当前目标情景下减少22%。

3.5.1 能源转型将产生跨领域效益

货物周转量的减少并不完全来源于运输政策。逐步淘汰化石燃料可减少与燃料开采和燃烧相关的排放以及与燃料供应链相关的货运。当前目标情景下设定的贸易发展将导致化石燃料的开采和运输增加(图3.18)。在高目标情景下,2050年化石燃料的运输总量仅为当前目标情景下的三分之一。这一大幅下降可帮助减少运输的货物周转量,即便其他大宗商品的运输量仍在增长。

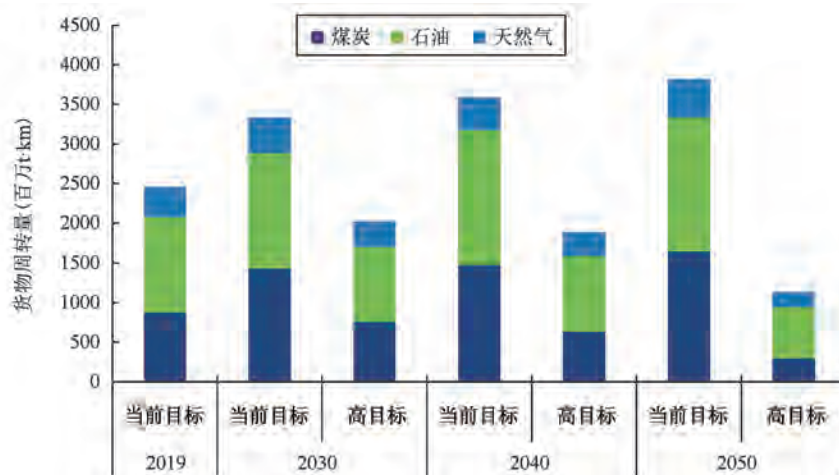


图 3.18 当前目标和高目标情景下运输的化石燃料重量

注:图中所示为 ITF 根据经合组织 ENV-Linkages 模型模拟的估算结果。当前目标和高目标指模拟的两种主要政策情景,代表运输脱碳的两种雄心水平。大宗商品不包括化石燃料衍生的非能源产品,例如沥青。

资料来源:数据来源于经合组织 ENV-Linkages 模型, <http://www.oecd.org/environment/indicators-modelling-outlooks/modelling.htm>。

3.5.2 智能交通系统和大容量车辆可提高效率

提高运营效率可帮助避免不必要的非城市货运,通过减少与货物周转量相关的车辆公里数来减少排放,降低成本。这类改进措施包括使用大容量车辆、令等量的货物运输只需使用更少的车辆、货运资产共享以及减少空驶距离。高目标情景设定各地将引进政策措施和智能运输系统(ITS),提倡货运资产共享,鼓励使用大容量车辆(HCV)。

资产共享(例如车辆或仓库等资源的共享)可以增加货车满载量,减少总体的空车行驶,具体效果取决于初始载货系数、之前的运营特征以及运输的商品类型(Venegas Vallejos、Matopoulos 和 Greasley, 2022^[63]; Ballot 和 Fontane, 2010^[64])。资产共享有利于优化车辆和货运枢纽的空间使用并整合货运活动。资产共享还可以最大限度地利用车辆的承载力,增加承运重量。

数字化可推动资产共享,但需要行业参与者之间合作,为托运方和承运方提供灵活性,并改善数据的可用性(ITF, 2022^[65])。高目标情景还设定增加对信息通信技术及系统的投资,提高货运运营商的效率。这类投资可以提高载货系数,例如,通过优化路线来减少运输距离(GeSI 和 Accenture, 2015^[66]; Samaras 等, 2016^[67]; Lewis、Le Van Kiem 和 Garnier, 2019^[68])。

优化运营也可能产生反弹效应,导致贸易和货运活动增加,但预计反弹效应的规模小于这些措施的总体效益(ITF,2019^[69])。总之,各国政府应该考虑推行跨领域资产共享,鼓励向铁路等低排放货运模式转变。这类措施需要改造货运枢纽站,减少多式联运的停留换装时间和运输时间。

大容量车辆通过减少每单位运输货物的燃油消耗和排放,增加了减少排放的可能性。使用这种车辆还可以减少运输等量货物所需的货车活动,进而减少氮氧化物排放,并减少公路和桥梁磨损(但使用的卡车必须具备更多的车轴避免超载)。有人担忧,引进大容量车辆,可能导致货运模式从铁路转向公路,降低铁路运输的成本竞争力。研究表明,运输模式转变的风险在1.2%~1.8%之间,但能带来净社会效益。然而现实经验和后期分析还相当有限,需要开展进一步的研究(ITF,2019^[69])。

结合智能运输系统和大容量车辆可以改善监管与执行,这对于获得公众对这些措施的支持至关重要。此外,针对拥有适当基础设施和较少竞争模式的路线推广大容量车辆也有助于减少实施的障碍。然而,即便如此,这些车辆的引入仍需依赖“来自行业、运输公司、货运代理和政治家等不同利益相关方”的认可和合作(ITF,2019^[69])。

3.5.3 各运输模式应采取统一的定价措施

海运承担了大部分的货物周转量,而且是3000km以上的运输活动中最主要的运输方式(图3.19)。两种政策情景到2050年都将保持这一趋势。在1000~3000km范围内,货运列车和海运所占的货物周转量比例最高,而短途货运则主要采用公路运输。

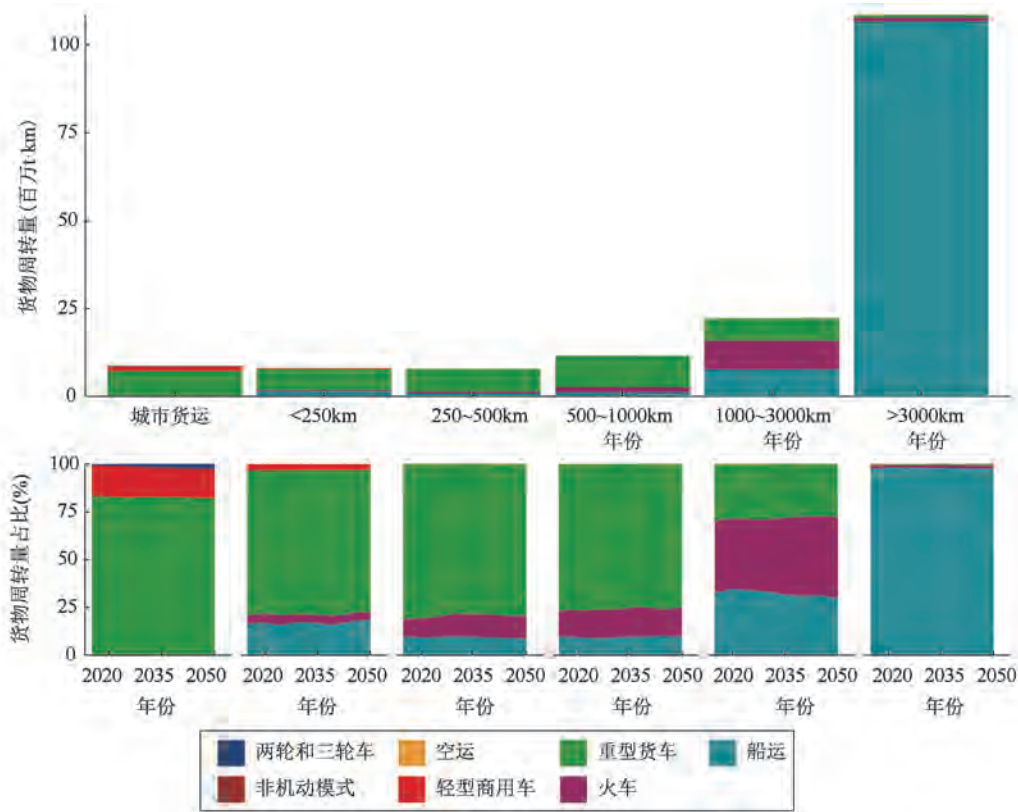


图 3.19 2050 年高目标情景下不同距离范围内各运输模式的货物周转量情况

注:图中所示为 ITF 对 2019 年各运输距离的货物周转量以及 2019—2050 年高目标情景下各运输模式占比模拟的估算。当前目标和高目标模拟的两种主要政策情景,代表运输脱碳的两种雄心水平。

即便是在更高的政策目标下,到 2050 年之前,公路运输仍将是中短途货运的主要模式。在 250~3000km 的范围内,公路运输将占据一半以上的货物周转量。预计短途运输中,公路将占据较高的比例。

这是因为目前对四通八达的公路网络的投资增加了公路模式的运营灵活性,其他模式则因为基础设施有限而受到约束。

空运基本上是现有运输方式中最昂贵的运输模式,覆盖的货物周转量最少,最常用于3000km以上的运输活动。大多数价值昂贵、时间敏感的长途货运都是采用航空模式,因为空运是目前最快的运输方式。2019年,虽然空运在非城市货运的货物周转量中占比不到1%,却产生了近11%的相关CO₂排放。

相比之下,2019年,海运承担了将近3/4的非城市货物货运周转量,但仅产生了大约40%的CO₂排放量。铁路产生的排在2019年(大约2%)和未来(2050年,在高目标情景下大约为2%,而在当前目标情景下接近4%)占比都最小。高目标情景下铁路所占的货物周转量比当前目标情景下高出6个百分点。而货运列车仍然只覆盖14%的货物周转量。

定价措施可确保由道路使用者承担道路使用的实际成本,包括碳排放、交通拥堵和影响空气质量等负面外部影响。不同运输模式产生的外部影响各不相同,但公路运输模式的负面外部影响“通常高于其他运输模式”(ITF,2022^[70])。定价措施还有助于确保多模式运输的每个物流链环节都选择最可持续、最可行的运输模式。

公路定价可鼓励提高货运效率,减少公路运输的货运周转量总数。一项研究预测,在荷兰引入按距离收费措施后,根据不同的定价方案,可令公路运输的货运周转量总数最高减少近5%(de Bok等,2022^[71])。收费还可在一定程度上缓冲燃油税下降带来的影响(OECD,2019^[72])。

非城市货运需求对成本变化的弹性相对较小。运输模式选择取决于许多因素,包括距离、运量、可用基础设施、商品类型以及成本等。因此,各种备选运输模式并不是彼此的完美替代。本报告的模拟结果表明,非城市货运存在一定的运输模式转变空间,但总体而言,特定的路线和商品有特定的最佳运输模式。

但即便是适度规模的运输模式转变,对脱碳而言,也具有重要意义。不同运输模式之间的排放系数存在很大差异,因此运输模式占比的微小变化也能令相关的油箱到车轮排放出现大幅下降。然而,鼓励运输模式转变的干预措施必须在各模式之间保持一致才能发挥效用。这些措施应该彼此一致。例如,在为铁路提供补贴的同时,应免除公路运输的燃油税(ITF,2022^[70])。

高目标情景针对货运设定了两种定价措施:碳定价和按距离定价。为方便模拟,设定所有运输活动(不仅仅是货运)都引入某种程度的碳定价,而仅在公路货运中引入按距离定价。

为测试不同成本变化对不同运输模式运输量的影响,我们以高目标情景为基准逐渐递增每种运输模式的成本变化(先降低后增加)。设定每种运输模式的成本变化范围在-50%~+50%之间,然后观察对运输模式选择的影响。请注意,该测试设定相同的货运需求并观察货物在不同运输模式之间的分布。然而,还需在定价方面开展进一步研究,调查成本增加对需求模式的影响(例如区域化和运输距离)。

结果(表3.2)表明,除了在公路运输定价低于所有其他运输模式的情况下,所有运输模式都对价格呈现出不同程度的非弹性。在这种情况下,公路运输将吸引更大比例的货运量。模拟结果显示,公路货运的定价措施可以影响对公路模式的选择,并有助于确保选择最可持续、最可行的运输模式。至于其他运输模式,铁路对价格变化的反应相对更灵敏,但只有在铁路成本比高目标情景下的设定低50%且所有其他运输模式保持不变的情况下,铁路运输才对成本变化表现出弹性。

不同运输模式的货运量需求(以t计)价格弹性

表 3.2

运输方式	相对于高目标情景的成本变化	运输吨数相较于高目标情景下的变化	运输重量的弹性
空运	-50%	+34%	0.59
	+50%	-14%	0.30

续上表

运输方式	相对于高目标情景的成本变化	运输吨数相较于高目标情景下的变化	运输重量的弹性
铁路	-50%	+56%	0.88
	+50%	-4%	0.08
公路	-50%	+116%	1.47
	+50%	-32%	0.75
海运	-50%	+2%	0.04
	+50%	-5%	0.10

注：表中所示为 ITF 的模拟估算。

定价措施在多式联运中也能发挥潜在作用，特别是对于进入港口的运输模式。成本变化的测试（表 3.3）表明，海运中进入港口的运输模式比海运本身更具弹性。也就是说，一方面，对海运的选择保持稳定。另一方面，在选择是通过水路、公路还是铁路进入港口时，很大程度上取决于备选运输模式的可用性和成本。

不同进港模式承运的货运量(以 t 计)弹性

表 3.3

进港模式	成本变化方向	运输重量的弹性
公路进港	减少	0.48
	增加	0.81
铁路进港	增加	1.65
	减少	1.23
水路进港	增加	2.12
	减少	1.02
河流	增加	0.21
	减少	0.05

注：表中所示为 ITF 的模拟估算。

在面临选择公路还是铁路模式时，情况尤为如此，其中任何一种运输模式的成本变化都会影响另一种运输模式承运的进港货运量。某些地区将简化供应链和有效的定价措施结合起来，可以鼓励货物运输更多地选择更可持续的运输模式进入港口。

对高目标情景的敏感性测试表明，到 2050 年，通过公路进入海港的货物重量可以减少一半。如果公路货运的成本相对于其他运输模式进一步上升，且政府兑现高目标情景设定的铁路投资，则铁路和水路可以承接剩余的进港货物。

3.6 政策建议

3.6.1 从长远角度看待城市发展，开展土地利用和交通运输系统综合规划，避免城市发展在未来陷入不断扩张的窘境

管理部门应综合规划土地利用和运输系统，构建更加紧凑的城市。这样有助于避免城市扩张，并增加可持续出行模式对人们的吸引力。

在欧洲等城市密度水平较高的地区,管理部门可以着重改善集体制和主动出行服务的质量。在 UCAN 等地区,高度的城市扩张限制了密集化政策的实施范围,管理部门可以促进行程较长的城市内部出行更多地使用可持续交通模式,替代私人机动车辆的使用。在 MENA 和 SSA 等城市仍在开发和发展的地区,如果能实施恰当的开发和运输策略,就有机会避免城市对汽车的依赖。

3.6.2 综合投资、定价以及通行或空间限制等措施,制定全面可持续的交通规划,鼓励人们转向可持续交通模式

管理部门应综合不同措施,包括限制私人机动车辆进入城区、引入定价机制以及投资可持续备选交通模式,鼓励人们转向更可持续的交通模式。投资应面向改善基础设施,提供更加安全的主动出行和微出行服务,以及提供更好的公共交通基础设施和服务。此外,还可鼓励发展新出现的共享按需服务和车辆,但应确保这类服务与公共交通相协调。

在两种情景下,服务和投资都应考虑到城市中心和外围地区。在制定城区准入规定时,管理部门可以邀请受影响社区参与决策过程,通过这类措施努力确保公众能够接受这些规定。管理部门还应致力于解决低收入群体承受的不利影响。通过拥堵收费获得的收入也可以再投资于可持续交通模式,提高措施的公平性和公众接受度。

3.6.3 支持多模式和可持续运输网络

对于城区以外的客运活动,管理部门需要关注人口密度的变化。在这一背景下,未来的交通解决方案可能仍将着重于在可能的条件下推行乘用车和主动出行。与拥堵地区相比,非拥堵地区的乘用车,尤其是电动车辆,产生的外部影响相对较小。然而,在地区出行中,如果未来大部分零排放车辆仍然只是私人拥有的车辆,那实现脱碳就无助于提升可及性。因此,需要探索新的按需服务形式。在此背景下,管理部门可以支持试验新型解决方案,推动实现脱碳和可及性目标。管理部门还应投资主动出行基础设施,在城区外提供安全、有吸引力的服务。

城际和国际出行的需求管理措施实施范围和潜在影响有限。潜在影响较大的措施(例如将商务出行改为电话会议或将旅游更多地限制在本地)可能难以落实,而且可能会对目的地产生负面影响。其他备选措施包括增加碳强度较高的短途航班的成本或禁止这类航班。如果可提供质量合理的基础设施,这类措施也能促进出行转向铁路模式。

城际和国际客运活动转向更可持续交通模式的潜力因出行距离长短而各异。对于 500km 以内的出行,管理部门推动交通模式转变的选项更多,因为可供选择的交通模式更加多样化。然而,大部分城际和国际出行距离都较长——主要依靠汽车或飞机。管理部门可通过投资铁路基础设施、可靠的交通网络及公路,鼓励人们转向可持续交通模式。

至于货运,管理部门可以通过支持承运方提高运营效率来限制不必要的运输。促进承运方合作,或使用智能运输系统优化路线并支持资产共享,可以提高满载率。监管得当的大容量车辆也有助于减少车流量。最后,如果各国履行国际承诺逐步淘汰化石燃料消费,也可减少相关的货运活动。

管理部门也可以支持非城市货运进行运输模式转变,尤其是短途货运。大部分 1000km 范围以内的货运由公路运输完成,主要是因为公路运输模式灵活性较高。在某些路段,管理部门可以为转向铁路或内陆水运等其他运输模式创造条件。管理部门和托运方必须支持改善联运服务。例如,建立内陆港和其他联运基础设施,推进数字化和资产共享,以及投资内河水运和铁路网络。

3.6.4 采用统一的定价措施,并为可持续交通模式分配资金

减少公路客运相关排放的政策应包括一系列定价措施,以捕获汽车使用的外部成本。对内燃机车辆的碳定价应继续保持,而且每吨 CO₂ 的价格应随着时间而不断增加。在城市环境中,拥堵产生的外部

影响较大,因此应引入拥堵定价。管理部门应考虑用定价措施获得的收入投资公共交通和主动出行基础设施。停车定价应更公平地捕获汽车停在人口密度较高的地区消耗的空间所产生的外部成本。

大多数货物运输模式相对缺乏弹性,但应采取统一的政策,确保货运始终选择最可持续、最可行的运输模式。公路运输是唯一对成本下降表现出弹性响应的运输模式。这意味着定价等措施必须在各运输模式中统一引入,确保公路货运的模式占比增加不会损害其他运输模式,尤其是铁路。至于减免燃油税以及在化石燃料无法淘汰的情况下为以化石燃料为基础的运输模式提供补贴所带来的影响,碳定价可以帮助抵消这些影响。在条件允许的情况下,一定要逐步淘汰化石燃料。

第4章 清洁车辆：运输脱碳的关键

新的车辆动力技术和低碳备选燃料是当前目标和高目标情景之间运输减排产生差异的最大原因。本章将阐述转向零排放车辆和燃料所需的政策承诺和行动（“改善”类措施）。本章特定的小节将分析公路运输车辆向清洁车辆的转变、空运和海运脱碳的挑战以及考虑地区差异的重要性。

本章摘要

必须为零排放车辆和替代燃料实现制定时间表。

我们可以在未来实现清洁车辆和燃料的普及。为实现《巴黎协定》目标，各国政府必须制定政策改进车辆和动力燃料，并设定雄心勃勃的时间表。政府优先考虑的政策应能与需求管理措施相互作用并使其效益倍增，政府还应鼓励转向更清洁的交通模式。

围绕清洁车辆和燃料展开的加速行动造成了当前目标和高目标情景之间四分之三的差异，但落实程度取决于政策支持和资金支持。此外，还需加强跨部门合作与协调。

许多国家在清洁车辆方面已经取得了明显进展。毫无疑问，转型正在进行中，一些地区的政府已经做出了坚定的政策承诺。事实上，即便在当前目标情景（设定各国履行现有承诺）下，全球内燃机乘用车数量可能在21世纪20年代就已经达到峰值。

一些主要市场已经设定目标，到2035年新售乘用车将全部为零排放车辆（ZEV）。但这还不足以实现公路运输脱碳，我们还需更多的政府和更多类型的交通工具加入其中。高目标情景设定，到2050年所有政府都将实现新售车辆100%为ZEV的目标。随着ZEV和ICE车辆的购买价格差距缩小，政策激励需更具针对性，以实现更加公平的过渡。

了解车辆更新率和全球二手车贸易可以帮助政策制定者为不同背景下的脱碳制定政策措施。政府需要采取不同的方式实现客车和重型货车等大型车辆的脱碳。电动重型货车因为运行和维护成本较低，可以最大限度地节省运营成本。

空运和海运的脱碳具有挑战性。这两个行业减排成本高昂，技术进步节奏缓慢。替代燃料必须更加广泛可用且比传统燃料更具成本竞争力。这就需要针对性的政策干预。

免除空运和水运燃油税不利于交通运输的脱碳目标。我们应取消这类豁免。碳定价在解决和消除这些结构性障碍方面将发挥关键作用。缩小传统燃料与低碳和零碳燃料之间的价格差距还可以为投资必要的脱碳基础设施创造收入来源。

然而，空运和水运不可能在一夜之间实现脱碳。为最大限度地减少整体的排放，政策制定者在其他措施（包括完全电气化）不可行的情况下必须优先推行替代燃料，尤其是考虑到行业之间还会竞争替代燃料。

全球交通运输应综合利用技术进步和排放管理措施实现《巴黎协定》的目标。本章主要探讨如何才能将转向清洁车辆的承诺转化为有意义的行动以及转型过程中潜在的机遇和挑战。

本章将依照广为普及的“避免、转变、改善”策略,探讨客运和货运领域向清洁公路运输车辆的过渡。随后,本章将讨论空运和海运行业的脱碳挑战。关于对需求管理(“避免”类措施)和交通模式转变(“转变”类措施)措施的分析,详见第4章。

即便是在高目标情景下,特定的地方环境也会限制“避免”类和“转变”类策略本身能实现的转型水平。因此,“改善”类承诺,侧重于降低汽车和船舶对化石燃料的依赖,将在脱碳中发挥至关重要的作用。采用清洁技术和转向可再生能源也是非常重要的脱碳路径,这些措施要求跨部门合作。

4.1 改进车辆和燃料:即刻开始行动

《ITF 交通运输展望》追踪了全球交通运输随时间排放的二氧化碳(CO₂)。图4.1 是本报告探讨的两种政策情景(详见第2章)下各类型车辆到2050年预计产生的总排放量。

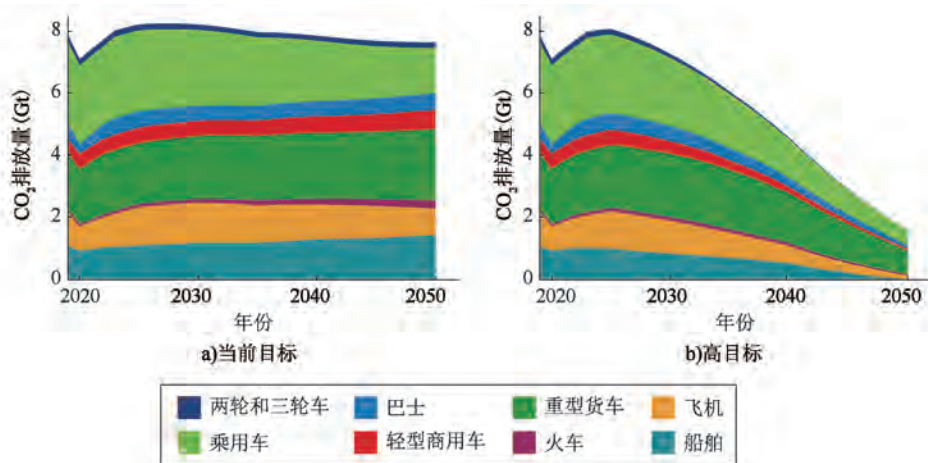


图4.1 2019—2050年当前目标和高目标情景下不同类型车辆的排放量

注:图中所示为ITF的模拟估算。当前目标和高目标指模拟的两种主要政策情景,代表运输脱碳的两种雄心水平。

公路运输工具,包括乘用车、两轮和三轮车、客车、轻型货车(LGV)以及重型车辆(HDV),在当前目标和高目标两种情景下都占到运输排放的大部分(图4.1)。这种主导地位在城市客运和货运中尤为明显。

鼓励转向清洁运输模式的政策大多适用于城市环境,因为城市环境中有多种交通模式可供选择。但城市排放量只占客运CO₂总排放量的32%以及货运CO₂排放量的28%。如果是距离较远或非城市环境的运输活动,则主要使用空运和海运,可替换的交通模式选择就比较少。

本版报告的模拟结果还说明,在非城市环境下,大多数商品已经采用了最具成本效益的运输方式(见第3章)。因此,城市环境之外的脱碳将在很大程度上依赖于向清洁车辆和燃料的转变。

随着政府开始实施政策并转向更加清洁的车辆、飞机和船舶,在当前目标情景下,一些类型的车辆就会开始减少排放,但减排速度还不足以实现必要的减排效果。正如高目标情景设定的政策所示,我们必须在更广范围内以更快的速度推广清洁车辆。

全球车辆转向更清洁车辆的速度依赖于技术的可用性,不同车辆类型各有差异。但是,这个速度还取决于现有车辆的更换速率、对基础设施的投资(例如加强电网和充电基础设施)以及严格的监管措施或是鼓励措施,进一步推广清洁车辆的使用。

政策制定者如果想实施更具雄心的运输脱碳行动或加快行动速度,还需考虑到能源和技术供应链的相互依赖性。全球能源目前主要依赖化石燃料,必须开始转向清洁能源。此外,还需加强电网,确保具备充足的额外电力支持电气化。

要满足清洁车辆过渡技术的需求,需要大量原材料,尤其是动力蓄电池所需的关键矿物。因此,对采矿、关键材料生产和清洁能源技术制造等的投资将对车辆过渡的可行性产生至关重要的影响(ITF, 2021^[1])。

4.2 转向清洁的公路运输车辆:至关重要且现实可行

在本版报告探讨的两种政策情景下,公路车辆在客运和货运行业的 CO₂ 排放中都占据最大比例,达到 2019 年整个运输排放的 71% (图 4.1)。城市和非城市环境中大部分客运活动都依赖乘用车和客车。乘用车排放量占排放量的 33%, 在所有车辆类型中占比最大。相较之下,客车不仅承担了大量的客运需求,而且只占总排放量的 7%。HGV 占整个交通运输 23% 的排放,是占比第二大的车辆类型。与之相比,LCV 的公路排放占比要小很多(6%)。

车辆电气化将在运输脱碳中发挥决定性作用。增加零排放车辆(ZEV)的比例可以降低运输活动的碳强度,因为相较于使用化石燃料的传统动力技术,ZEV 在生命周期中产生的排放更少。即便按照当前的全球平均电力结构,电动汽车的生命周期碳强度也比化石燃料动力车辆低大约 40% (ITF, 2021^[1])。

转向 ZEV 的辅助政策措施(例如电网脱碳措施)有助于进一步减少运输排放。但这类政策还必须解决与车辆生命周期相关的其他排放产生的影响,包括燃料生产和分配、车辆制造和报废处理产生的排放。

4.2.1 内燃机乘用车销售峰值近在眼前

内燃机(ICE)车辆依然是全球客运车辆的主力军,但许多国家已经实施了支持加速采用清洁汽车的政策。其中一项具体措施就是设定低排放和零排放乘用车销售目标。根据现有的政策承诺,到 2035 年之前,ZEV 将占到全球乘用车总量的四分之一。

虽然清洁车辆的推广速度因地区而异,但全球 ICE 乘用车销量已经达到峰值(图 4.2)。虽然车辆总数在两种情景下都将继续增长,但值得注意的是,即便只落实当前雄心,ICE 车辆在全球乘用车总量中的占比也不会增长。到 2050 年之前,在当前目标情景下,全球一半的乘用车将是 ZEV。相比之下,在高目标情景下,ZEV 在全球乘用车总量中的占比将达到 80% 以上(见案例框 4.1)。

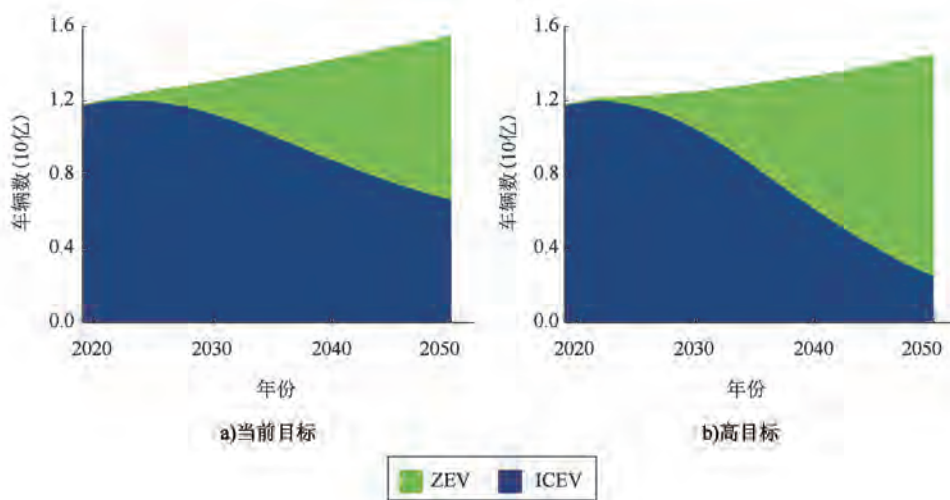


图 4.2 2019—2050 年当前目标和高目标情景下全球不同动力系统的乘用车

注:图中所示为 ITF 的模拟估算。当前目标和高目标指模拟的两种主要政策情景,代表运输脱碳的两种雄心水平。

案例框 4.1 高目标情景对零排放车辆的推广设定

根据全球燃料经济倡议雄心勃勃的零排放路径,到 2040 年之前,所有进入新兴经济体的新制造车辆都将是零排放车辆(ZEV)(Cazzola 等,2021^[2])。这一转型在节奏上设定发达经济体和新兴经济体在实现车辆销售 100% 为 ZEV 的目标时存在滞后差距,并承认并非所有国家都能以相同的速度实现过渡。

在许多新兴经济体,每年新登记的车辆中,来自发达经济体的二手车占相当大比例。联合国环境规划署最近的一份报告审查了全球 146 个国家的二手车进口规定,包括禁令、车龄限制、排放标准和财政措施等。在接受检查的国家中,61 个国家(大部分在非洲)根本没有进口限制。另有 18 个国家限制了进口车辆的年龄,最高年龄限制为 9~15 年(UNEP,2020^[3])。

本报告假设出口到新兴经济体的二手车平均年龄为 15 年。这意味着新兴经济体采用的 ZEV,很大一部分来自发达经济体出口的二手车。新兴经济体的出行需求增长尤为强劲,意味着很多新售车辆是新增车辆,而不是通过车辆流动替换旧车。新兴经济体车辆中 ZEV 占比迅速增加。然而,我们对全球二手车贸易及其对推广零排放技术的影响知之甚少。

本报告编制期间,ITF 正开展相关工作,以便更好地了解新兴经济体二手车市场的规模及其对推广电动车辆的影响。

高目标情景有几个基本设定,包括政府履行其政策承诺,且“2030 突破行动目标”(见第 1 章)基本实现。其中一个目标是到 2035 年四大主要市场(中国、欧盟、日本和美国)轻型货车(LDV)的 ZEV 销售达到 100%。如果实现这一目标,到 2035 年,零排放 LDV 占比将达到 30%~40%。

“2030 突破”行动确定的主要市场中,只有欧盟根据这一目标制定了相关政策:作为“减碳 55%”立法提案的一部分,欧盟同意到 2035 年之前逐步淘汰 ICE 车辆的销售(EC,2022^[4])。美国设定了一个目标,到 2030 年之前实现 50% 的销售占比,这一目标也包含在当前目标情景下。2023 年 4 月,美国将这一目标提高至 60%。日本也设定了 2035 年目标,但日本的政策将非插电式混合动力汽车也计算在内,而这种车辆不属于 ZEV(METI,2020^[5])。

在销售占比方面,中国和欧盟远远领先其他市场。中国的乘用车总量占东亚及东北亚(ENEAA)地区乘用车的 73%。2022 年,中国电动汽车(EV)的销售已经占到乘用车总量的 20% 以上(EV Volumes, 2022^[6]),这原本设定是 2025 年完成的目标(中国国务院,2021^[7])。同时,欧盟也超越了 2025 年的目标(欧洲环境署,2022^[8])。2021 年,“2030 突破”行动中确定的四个领先市场一共占到新售乘用车销量的一半以上,并且有能力通过规模经济加速全球范围内的 ZEV 转型。

除少数国家与地区外(例如加拿大、韩国和挪威),2022 年其他地区的 EV 仅占乘用车总量的 1%~3%。即便有些地区为加速电动汽车的推广出台了支持性政策,但要达到高目标情景下设定的脱碳水平,推广速度仍显滞后。要实现《巴黎协定》的目标所要求的减排水平,目前的脱碳轨道在全球层面上缺乏足够的雄心、具体的目标或明确的减排路径(UNFCCC,2021^[9])。

根据目前的政策承诺,2035 年之后,ICE 车辆的销售主要集中在新兴经济体,导致全球乘用车市场分化为两个级别。这一结果反映出有限的政策支持以及与电网可靠性、购买力和充电基础设施相关的一系列挑战。因此,新兴经济体需要一些过渡措施推动清洁车辆的转型。这些措施包括替换旧车辆、控制二手车进口以及引进车辆排放标准(在尚未实施的地方)。

仅仅专注乘用车向清洁车辆的过渡并不是万灵药,这可能会带来其他问题,例如城市环境中严重的空间消耗和拥堵。城市乘用车中,汽车采用 ZEV 的速度比其他类型车辆(包括二轮和三轮车和客车)更快。这是因为推动加速乘用车采用 BEV 的政策激励在许多地区都取得了成功,许多国家都将其作为国家自主贡献(NDC)的一部分(见第 1 章)。

随着 BEV 和 ICE 车辆的购买成本差距缩小,应重新考虑对购买电动汽车的通用激励措施,因为它们可能不符合更公平过渡的目标。低收入消费者往往对价格更敏感,而且可能更依赖私人机动车辆获得工作机会。以收入为基础的累进式退款可以产生更加公平的效果。它们也可能比其他类型的激励措施更具成本效益(DeShazo, Sheldon 和 Carson, 2017^[10])。

为加速城市环境采用更清洁乘用车而实施的政策措施确实很重要,但它们应和减少乘用车使用的措施相互补充,例如停车政策。政策制定者也可以考虑对购买两轮和三轮车提供激励,这两种车已经在某些背景下提高了自身在城市车辆中的占比且消耗的城市空间更少。同样,与 ZEV 相比,电动自行车的需求可能更具弹性。因此,对电动自行车提供购买激励也可能比对乘用车提供类似激励更具成本效益和公平性(Bigazzi 和 Berjisian, 2021^[11])。

4.2.2 集体和公共交通工具为推进低排放车辆提供了机会

在当前目标情景下,由于需求增加,所有城市交通模式(除乘用车以外)的排放量预计都将增长。然而,虽然集体和公共交通模式(即轨道交通和公交)的排放量会增长,但每旅客周转量产生的 CO₂ 排放量将明显低于乘用车。按照这一指标,公交的效率是乘用车的 3 倍,而轨道交通每旅客周转量产生的排放仅是乘用车的 1/7。

全球大约 30% 的轨道公里数已经实现电动化(UIC, 2022^[12]; RailwayPro, 2021^[13])。然而,化石燃料仍然是全球大多数公交车的动力来源(图 4.3)。针对公交车脱碳的主要政策承诺是一项全球谅解备忘录(MOU),该备忘录已得到超过 25 个国家的批准,旨在到 2040 年实现中型和重型车辆 100% 的 ZEV 销售(TDA, 日期不详^[14])。其他国家和地方政府已承诺只采购零排放公交车。例如,印度一项地方协调计划批准采购 5000 多辆电动公交车,使其成为最大的 ZEV 公交车市场之一(UITP, 2020^[15])。

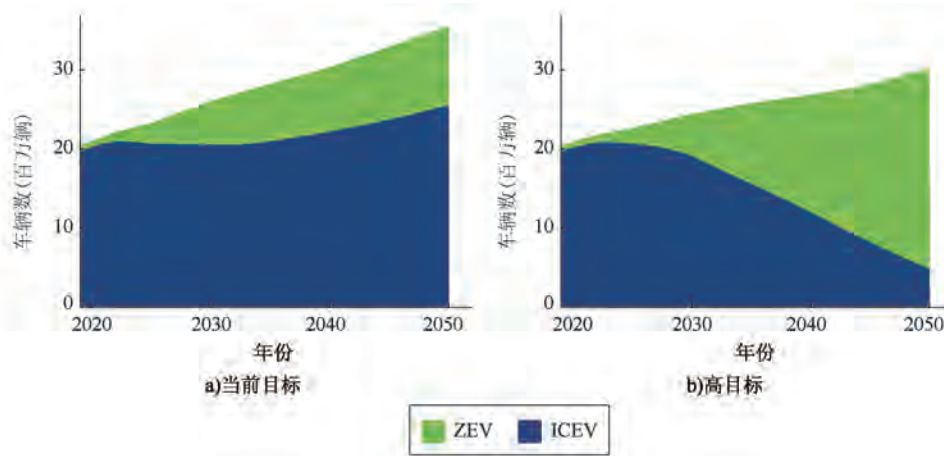


图 4.3 2019—2050 年当前目标和高目标情景下全球不同动力系统的巴士车辆

注:图中所示为 ITF 的模拟估算。当前目标和高目标指模拟的两种主要政策情景,代表运输脱碳的两种雄心水平。

拉丁美洲也在努力建设更清洁的公交车辆,许多城市正加快部署零排放公交车,特别是智利的圣地亚哥(Galarza, 2020^[16])和哥伦比亚的波哥大(Bedoya, 2021^[17])。然而,根据全球向零排放车辆过渡的现有承诺,到 2050 年,预计全球只有大约 1/4 的公交车是动力蓄电池电动车。因此,当前目标情景远落后于“2030 突破”行动对巴士设定的目标,即 2030 年之前在四个主要市场(中国、欧盟、日本和美国)实现 100% 的 ZEV 销售。为达到高目标情景下的减排目标,公交车必须转向低排放和零排放车辆。

公共交通模式和符合监管的集体交通模式令政策制定者可以直接以低排放车辆和更严格的共享车辆标准来影响车辆的更新。城市公交车是转向清洁车辆的首要候选者。具体来说,这些车辆的日常使用相当密集且可预测,因此是直接电气化的理想选择。此外,在人口密集和空间有限的城市环境中,将城市公交车的充电基础设施集中起来更为有益。

考虑到城市电动公交车的潜力,高目标情景设定到 2050 年全球 80% 以上的公交车可能是电动汽车,促进城市环境中的公交车排放量大幅减少。要实现这一目标,需要引进购买激励,并对城市公交车实行更加严格的排放标准。这些措施可以与基础设施投资齐头并进,例如设置公交专用车道和其他公共交通优先措施,协力改善城市环境中的交通运营秩序。

考虑到非官方公共交通在新兴经济体承运的乘客出行比例,更换老旧车辆将对排放产生显著影响。因此,在这些地区,报废计划可以加速清洁车辆的转型。此外,经济增长将促进运输模式更加正规化。这一转变将把城市公交车纳入更加严格的排放监管和标准之下。

政策制定者也可以像印度一样通过优化车辆更新的融资渠道,向储蓄和信用合作社或其他经营非官方交通服务的小型 and 微型企业提供购买激励措施。在非城市环境中,由于可用的替代选项有限,推进客运脱碳的政策措施更多地依赖于向更清洁车辆过渡。在这种情况下,政策激励措施应该面向短途和长途客运汽车运营商,鼓励他们更换车辆。

运输管理部门可以在公共车辆和符合监管的集体车辆的采购过程中纳入更加严格的排放标准以及与其可持续性和排放相关的指标。管理部门还可以在特许协议中为运营商提供低排放车辆的财政激励或对中标者使用的车辆规定最低要求(ITF, 2020^[18])。

出租汽车、私人租赁或共享车辆的许可规定也可包含排放标准。例如,在英国,伦敦交通局(TfL)从 2018 年开始对获得许可的出租汽车规定了“零排放能力”(ZEC)要求,并逐步取消了柴油车作为出租汽车的许可。在 2018—2021 年,伦敦交通局为 4000 多辆新的 ZEC 车辆颁发了许可,占私人租赁车辆的近 30%。截至 2023 年,所有新私人租赁车辆都应符合 ZEC 要求(TfL, 2020^[19])。作为出租汽车,车辆的最长使用年限规定为 15 年。

伦敦交通局还为驾驶员提供补助支持他们购买低排放车辆,并协同合作伙伴一起安装 300 多个公共快速充电站(TfL, 日期不详^[20])。比利时布鲁塞尔首都大区在管理共享汽车的条例中纳入了“生态计分”(布鲁塞尔首都大区政府, 2013^[21])。

4.2.3 货运行业可能悄然发生一场低碳革命

与客运脱碳相比,公路货运脱碳一直较少受到关注,但现在物流行业悄然开启一场低碳革命的要素已然具备。运营商在决定是否更换新车时主要考虑成本因素。随着电动汽车技术的发展,许多电动汽车可能很快在成本上就能与传统的化石燃料动力车辆形成竞争。

公路货运的电气化可能会从小型车辆开始,逐步扩大规模至最大型的重型货车(图 4.4)。在许多应用情景中,考虑到当前的电池价格,大规模生产的轻型商用车已经能够在成本上与传统的柴油车形成竞争(ITF, 2020^[22])。轻型商用车年度行驶里程高且里程要求可预测,非常适合采用电力动力系统,特别是在城市环境中以及距离较短的出行中。电动汽车的运行和维护成本明显低于传统汽车,所以电气化可以最大限度地节省运营成本。

在欧洲,质量超过 7.5t 的电动汽车的总体持有成本(TCO)可能在 21 世纪 30 年代达到与传统柴油车相当的水平(ITF, 2022^[23])。然而,还是要实施政策措施减少推广障碍,巩固大众对车辆转型的信心并减少不确定性。“2030 突破”行动设定目标,到 2040 年主要市场(中国、欧盟、日本和美国)应实现重型货车销售 100% 为电动汽车。共有 25 个国家签署了与该目标一致的中型和重型货车全球谅解备忘录(TDA, 日期不详^[14])。

高目标情景设定尚未签署全球谅解备忘录的主要经济体也会实现类型雄心的目标,而所有其他国家则因为各种环境因素,滞后 10 年实现这些目标。在这样的设定下,高目标情景下零排放货运车辆的推广速度比当前目标情景下更快。

正如高目标情景所设定,采取合适的政策行动巩固低碳公路货运的商业应用,ZEV 的推广就能加快速度。要实现高目标情景,可采用的政策包括购买补贴、公路使用定价措施以及碳税和燃油税。这些政策工具需要随着过渡的不同阶段而逐步发展。

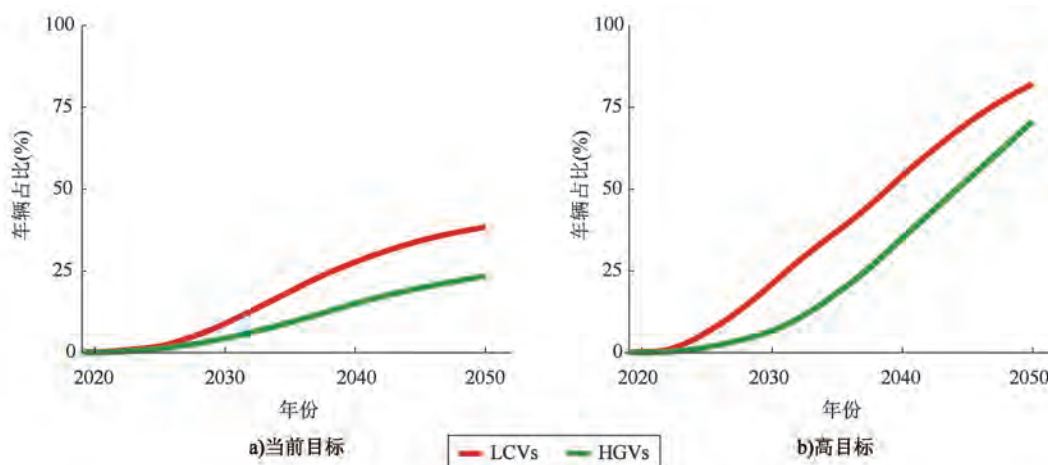


图 4.4 2019—2050 年当前目标和高目标情景下全球零排放重型货车和轻型商用车的占比

注:图中所示为 ITF 的模拟估算。当前目标和高目标指模拟的两种主要政策情景,代表运输脱碳的两种雄心水平。

在早期阶段,针对 ZEV 的购买激励和减免公路通行费可以增加初期 ZEV 的购买和使用,并刺激规模经济的发展,降低购买成本。这些措施也应重点面向小型企业,为他们抵冲 ZEV 较高的前期购买成本。在城市环境中,绝大多数货运活动都依靠机动车辆,即便是“第一公里”和“最后一公里”的投递都是如此。预计货运需求也将增长,意味着为 ZEV 的激励必须与城市空间管理条例相平衡,将运输活动转向零排放的两轮和三轮车以及货运自行车(见第 3 章)。

在转型的后期阶段,政策工具可以转向更加积极地阻止 ICE 车辆的继续使用,或者完全禁止新的 ICE 销售,从而实现政府提出的目标。除了地区或国家出台逐步停止新 ICE 车辆的销售政策外,城市管理部门也可以采取措施鼓励更快地采用清洁车辆。

通过限制某些车辆进入特定区域,也可以减少污染和其他环境排放。根据区域的设计目标,进入 LEZ 的车辆必须符合一定的排放指标或标准。

随着各国制定国家法规推动 ZEV 在城市的推广,未来几年将出现新一代的零排放区(ZEZ)。过去,设置此类区域主要是为了减少交通量并鼓励更新车辆,减少污染物排放(例如颗粒物)(Ellison、Greaves 和 Hensher,2013^[24])。未来,这类区域可以将减少 CO₂ 排放纳入重点,促进车辆更新。

如果城市管理部门实施这些政策,可以实现双重效益:降低 ZEV 运营成本并减少交通拥堵,在城市环境中优先考虑集体和共享制交通模式。第 5 章将进一步详细介绍城市环境中使用清洁车辆可以产生的派生效益。

4.2.4 充电和燃料补充基础设施:成败在此一举

充电和燃料补充基础设施的部署速度可能会成为清洁车辆转型的瓶颈,需要政策制定者作出更强的承诺和投资。2021 年,全球范围内每个公共充电桩大约分担 10 辆电动轻型货车(LDV),每辆电动车辆(EV)的可用电力略高于 2.4kW。全球充电基础设施的增加主要来自中国对公共快速充电桩的快速部署(IEA,2022^[25])。

EV 充电站的安装可能需要长达一年的时间,而快速充电桩则耗时更久。在更大的政策支持下,BEV 销量将增加,因此,道路上 BEV 的数量与公共充电站的数量之间的差距可能会越来越大。虽然家庭 EV 充电桩将是解决这一问题的重要部分,但公共充电站仍然是降低里程焦虑的必要条件。

很多政府已经承诺通过资本和运营补贴、公私合作伙伴关系以及制定法规和试点项目,投资必要的 EV 充电基础设施。因此,2021 年,全球已经有超过 180 万个公共 EV 充电站(IEA,2022^[25])。然而,加强电网为扩大 EV 充电网络提供支持需要时间,到 2030 年,大多数国家的电力输出仍然不足电动汽车所要求的一半(Rajon Bernard 等,2022^[26])。

部署充电基础设施需要建立起一个网络,包括全面的标准以及不同管辖区域之间(例如运输、土地利用和能源部门之间)的政策和程序协调。我们必须确保基础设施的铺设速度不会拖延清洁车辆的推广。因此,政策制定者在规划和资助 EV 充电基础设施时,必须加强对用户和运营商需求的理解(ITF, 2022^[23])。

对于更大型的车辆以及距离更长的货运活动,长距离运行对充电基础设施提出了新的难题。像乘用车、城市公交车以及在城市环境中运营的轻型商用车(LCV)等其他车辆,隔夜充电就足够了。在这种情况下,公共交通管理部门和货运运营商在公共交通站点和仓库安装充电桩就足够了。政策制定者则可以针对小型和中型企业提供激励措施,因为考虑到涉及的资本成本,这些企业安装基础设施的步伐可能比较缓慢(ITF, 2022^[23])。

如果公共交通站点和仓库充电不足以满足里程需求,就需要沿途安装公共充电基础设施。有线固定充电覆盖的范围最广泛,但这可能会对运营造成挑战,并延迟向清洁车辆转变的时间。在非城市环境下,沿重要出行走廊部署充电基础设施可以加速向 ZEV 的过渡。

例如,美国联邦公路署(FHWA)通过“替代燃料走廊”(AFC)计划,建设一个州际燃料补充设施网络,为车辆充电或补充替代燃料(例如 EV 充电或氢燃料加注)。通过 AFC 计划,FHWA 可以与公共和私营伙伴合作,在需要多个管辖区合作的地方部署燃料补充基础设施。该计划拟建设一个燃料补充基础设施网络,以缓解 ZEV 潜在用户的里程焦虑(美国运输部联邦公路署,2021^[27])。

欧盟委员会提出的替代燃料和基础设施法规(“减碳 55%”一揽子计划的一部分)也包含对公路车辆充电和燃料补充基础设施的强制性要求。协调部署跨管辖区域充电基础设施可以解决 ZEV 推广遇到的主要障碍。这些障碍包括电网容量、复杂的许可流程、土地利用限定以及资金限制等。

鉴于电动道路系统(ERS)的潜在效益(可以减小重型货车的动力蓄电池尺寸)和效率(相较于固定充电),一些管辖区域也在考虑这类系统,实现行驶的车辆和道路之间的电力转移。中国、欧洲和美国都在测试不同类型的 ERS。这种系统的成本非常高,但与大功率固定充电相比,这可能是成本最低的技术途径(Rogstadius, 2022^[28])。

成本回收取决于 ERS 的利用率。与能源部门的跨部门合作和跨管辖区域合作是成功部署 ERS 的先决条件。例如,类似于 FHWA 的 AFC 计划致力于建立燃料补充网络,法国正在探索国家 ERS 路线图(法国生态部,2021^[29])。

在 ZEV 的早期推广阶段,较低的利用率可能隐藏潜在的财政风险。若想应对这一风险,公共道路管理部门可以探索与私营企业就 ERS 的设计、融资、建设、运营和维护达成特许协议。这类协议可以与道路定价措施相结合,将目标人群调整为 ERS 用户,利用所得收入为发展基础设施提供资金。本报告第 6 章将进一步介绍部署 EV 充电基础设施的财政影响。

4.3 漫漫长路：船舶与飞机的脱碳挑战

由于减排措施成本高昂以及技术成熟度相对较低,空运和海运行业是公认的“难以脱碳”的领域。此外,船舶和飞机产生的大部分排放都是在长途运输的过程中,而长途运输很难实现电气化且需要高密度燃料。

空运排放量占全球运输排放量的 14%。空运和货运产生的排放是相互关联的:将近一半的航空货运是利用客机腹仓运输的(JADC, 2021^[30])。到 2050 年,在当前目标情景下航空排放预计将减少 24%(图 4.5)。排放下降主要来自于当前目标设定的燃料结构中碳强度显著改善。

当前目标情景的设定以雄心勃勃的降低燃料碳强度的政策为基础,特别是欧盟的“重新赋能欧盟”政策和美国的“可持续航空燃料大挑战”。这些政策设定在各自相关地区大幅提升低碳航空燃料的占比。这些雄心勃勃的政策和新飞机持续的能效提升足以游刃有余地抵消强劲的需求增长带来的碳排放影响。高目标情景对全球范围内的航空燃料脱碳都设定了类似的雄心水平,而不是仅仅只局限于

UCAN 和欧洲地区。

虽然海运在全球客运排放中所占比例并不大,但 2019 年,海运在货运排放中占到 29%。在当前目标情景下,到 2050 年,海运货运排放将增长 35%。这些估算以航次为基础,将始发港的排放分配至航行的目的港。排放量的增加主要来自海运活动的增长。

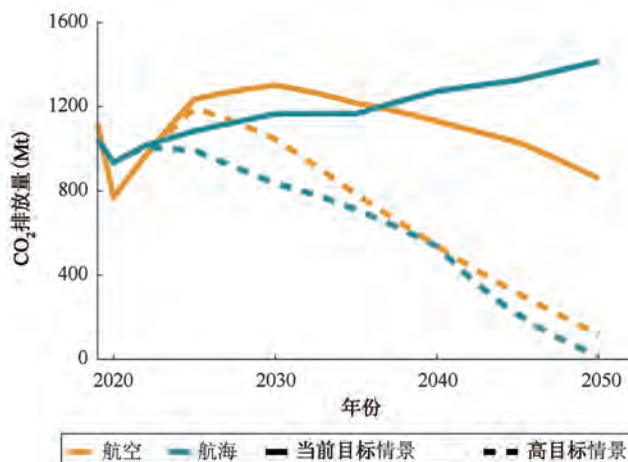


图 4.5 2019—2050 年当前目标和高目标情景下航空和航海货运的排放

注:图中所示为 ITF 的模拟估算。当前目标和高目标指模拟的两种主要政策情景,代表运输脱碳的两种雄心水平。

空运和海运行业的脱碳预计将依赖于低碳替代燃料的大规模推广,特别是长途运输(IEA, 2020^[31])。这类替代燃料包括可兼容现有基础设施的生物燃料和电燃料,目前这些燃料还处于早期发展阶段。通过目标明确的政策支持扩大低碳替代燃料的生产可以降低成本,从而减少长期不确定性,提高市场渗透率。

然而,替代燃料的减排潜力取决于它们的生产途径。如果替代燃料来源于生物(生物燃料),则碳足迹必须包含土地利用的间接改变以及氢能生产所需的电力。至于利用电力生产的电燃料,电力结构的碳强度就决定了电燃料的碳足迹。获取碳原料(例如直接从空气中捕获)和生产氢能(例如水电解)需要大量能源。

因此,要确保替代燃料相对于化石燃料的净减排效果,必须严格监管替代燃料的碳强度。政策制定者还需引进所谓的附加性指标,确保为氢能生产安装新增可再生能源产能,而不是分配现有的绿色电力,否则会恶化能源结构的碳强度(ITF, 2023^[32])。

最后,行业之间将围绕替代燃料展开激烈竞争。为了最大限度地减少整个经济的排放量,在成本和技术壁垒阻碍了其他技术(例如,电气化)可行性的情况下,政策制定者必须优先考虑替代燃料。

能否攻克可按运量设计的清洁运输技术是影响空运行业向零排放运输转变的一个重大制约因素。对海运行业而言,替代燃料和能源的商业可行性则是相对重要的一个制约因素。要推动这两个行业转向零排放未来,政策制定者必须探索一系列措施,在满足需求的同时,加速开发技术解决方案。这类措施包括投资研发、通过燃料混合降低化石燃料的碳强度以及实施碳定价,缩小化石燃料与替代燃料之间的价格差距。

4.3.1 可持续航空燃料将成为减排的中流砥柱

空运行业已经意识到脱碳的必要性。行业组织和政府都承诺到 2050 年之前实现净零排放。世界主要的航空业协会以及最大的飞机和发动机制造商代表已经通过 2021 年的“2050 净零飞行承诺”宣言作出了承诺(ATAG, 2021^[33])。

同时,政府签署了“2022 年国际民航组织(ICAO)国际航空长期全球理想目标”(ICAO, 2022; IATA, 2021)。这个净零目标颇具雄心;要实现这一目标,需要采取多项减排措施,包括采用低碳替代燃料、提

高飞机运行效率、创新动力技术、实施碳定价以及抵消剩余排放 (ITF, 2021^[36]; ITF, 2023^[32])。

预计空运行业大部分减排来自可持续航空燃料(SAF),这是一种能与现有飞机兼容的液体替代燃料。它来自生物质或是由氢和捕获的碳,通过电力-液体(PtL)工艺合成。在各种类型的 SAF 中,最具市场成熟度的是通过第一代生物能源生产的燃料。如果使用可持续生产原料,这类燃料在短期内就可以减少排放。先进的生物能源和 PtL 工艺应该能提供更好的减排效果,但目前还处于技术发展的早期阶段。

目前,SAF 的成本是传统煤油成本的好几倍,而且供应量依然有限。这也是目前 SAF 在航空燃料市场只占不到 0.01% (ITF, 2023^[32]) 的原因。然而,行业和政策公告表明,SAF 未来几年将出现强劲增长。例如,欧盟委员会正准备立法,推动 SAF 到 2050 年占据 85% 的市场份额(欧洲议会,2022^[37])。

美国的目标更大,政府计划到 2050 年全面转向 SAF。本报告的两个政策情景都反映了这一设定。高目标情景还按照更加雄心勃勃的全球 SAF 推广前景设定了更高的清洁燃料占比(图 4.6)。

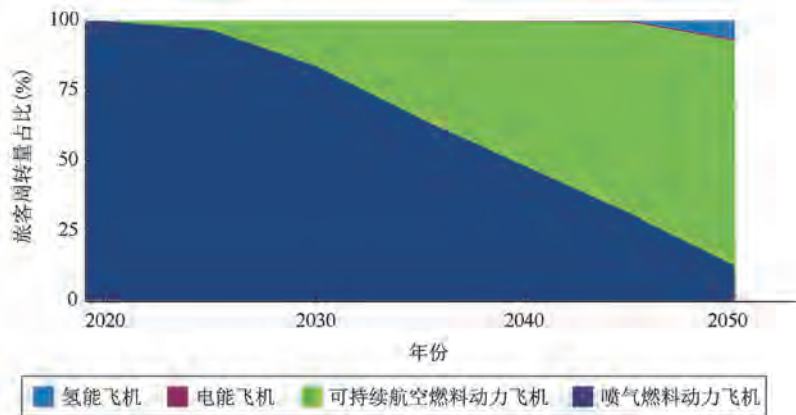


图 4.6 2019—2050 年高目标情景下不同动力技术和燃料类型的空运客运周转量占比

注:图中所示为 ITF 的模拟估算。当前目标和高目标指模拟的两种主要政策情景,代表运输脱碳的两种雄心水平。

氢能和电能飞机可以成为以 SAF 为燃料的传统飞机的重要补充。氢能飞机既可以使用氢燃气轮机(类似于传统的喷气发动机),也可以使用机载燃料电池,将氢能转化为电力推动飞机行进。由于技术限制,这类飞机只适用于中短途飞行,不太可能替代长途航班(见案例框 4.2)。

案例框 4.2 模拟新的航空动力技术和燃料

ITF 的非城市客运模型于 2019 年首次提出,模拟了到 2050 年城际和地区交通运输活动、模式占比和 CO₂ 排放量的发展。该模型将世界划分为近 1200 个区域,每个区域中心都有一个或多个机场。然后,根据每个区域的交通模式以及区域间的所有路线,估算乘客数量、旅客周转量、交通模式组合、能源消耗和 CO₂ 排放量。该模型覆盖的交通模式有航空、客车、渡轮、铁路和公路(包括汽车和摩托车)。对于航空和渡轮交通模式,只有城际交通活动的数据可用。

该模型经历了不断的更新和改进。本报告对模型也进行了调整,以便更好地反映出电能和氢能飞机以及可持续航空燃料(SAF)的使用情况。电能和氢能飞机的发展前景很大程度上取决于相应的技术和成本发展。获得可用的价格低廉的可再生电能和绿色氢能是这两项技术扩大规模的先决条件。

电能和氢能飞机的技术限制、燃料效率和飞机更换产生的资金成本是决定传统航空公司可取代的关键因素。碳税也增加了电能和氢能飞机相对于传统飞机使用煤油的成本优势。SAF 的发展前景取决于政府和行业的强制性要求。

针对每条航线,该模型通过以下三个步骤每隔五年评估出最优动力技术和燃料类型:

(1) 验证路线是否符合电能和氢能飞机的技术限制(每个航班的航程和载容量)。

(2) 如果路线始点要求使用 SAF, 则模型将考虑到使用 SAF 增加的额外成本, 更新传统飞机的燃料成本。

(3) 评估传统飞机的燃料成本和碳税是否超过了电能和氢能飞机的相关成本。如果超过了, 则这条路线的所有航班将采用新型飞机取代传统飞机。

本报告探讨的高目标情景对技术发展、燃料要求、碳税以及燃料成本变化提出更高层次的期望。在高目标情景下, 到 2050 年, 电能飞机的电池技术水平达到 $500\text{W} \cdot \text{h}/(\text{kg} \cdot \text{km})$, 能让承运 19 名乘客的飞机飞行 350km, 搭载 90 名乘客的客机飞行 300km (Mukhopadhaya 和 Graver, 2022)^[38]。

同时, 预计到 2035 年, 载客 165 名乘客的氢能飞机可以实现 3400km 的航程 (Mukhopadhaya 和 Rutherford, 2022)^[39]。然而, 相对于传统煤油的高昂燃料成本 (Mukhopadhaya 和 Rutherford, 2022)^[39] 和相对于传统飞机的额外资本支出需求可能会导致氢能飞机的广泛采用推迟至 2050 年 (燃料电池和氢能 2 联合组织, 2020)^[42]。

一些制造商正在研究氢能以及电能飞机, 它们也许可以在 21 世纪 30 年代进入市场。虽然目前这些技术尚未可用, 但现有分析预测, 按照高目标情景设定的技术发展速度, 一架可承运 165 位乘客的氢动能飞机最大飞行里程可以达到 3400km, 而一架可承运 19 名乘客的电能飞机最大里程可能达到 350km (Mukhopadhaya 和 Graver, 2022^[38]; Mukhopadhaya 和 Rutherford, 2022)^[39]。

本报告探讨的高目标情景也设定了雄心勃勃的技术发展速度。在该情景下, 到 2050 年, 氢能飞机将在全球中等距离航班的旅客周转量中占比 8%, 在短途航班的旅客周转量中占比 4%。同时, 在相等条件下, 电能飞机可以占短途空运旅客周转量的 18% (图 4.7)。这些数字覆盖了很大一部分航班, 但仅占空运行业很小一部分的能源使用和排放, 空运行业大部分的能源使用和排放来自长途航班。

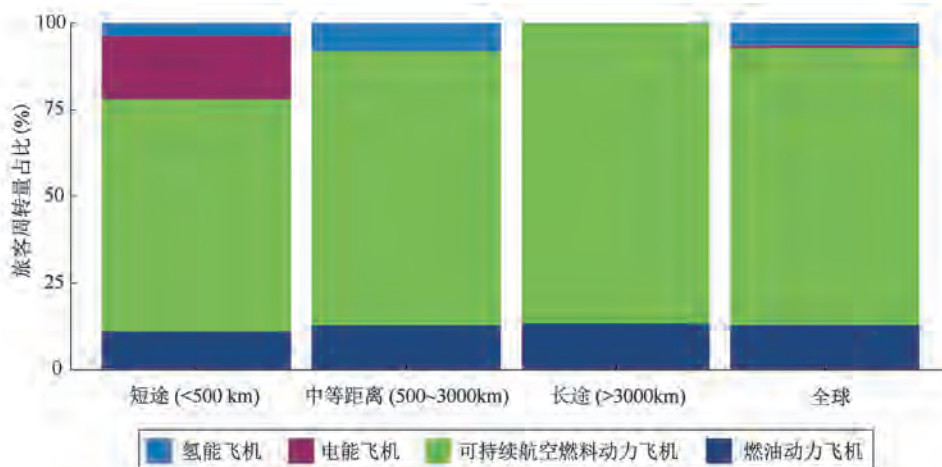


图 4.7 2050 年“壮志雄心”情景下不同动力技术、燃料类型以及运输距离的航空客运周转量占比

注: 图中所示为 ITF 的模拟估算。当前目标和高目标指模拟的两种主要政策情景, 代表运输脱碳的两种雄心水平。

然而, 高目标情景并没有考虑到与新型飞机动力技术相关的一些挑战。这些挑战增加了技术何时可投入使用的不确定性。例如, 机场需要配备新的燃料补充基础设施为飞机提供服务。采用这些技术本身可能也需要适应当前的操作实践 (ITF, 2023)^[32]。

激励措施可以帮助 SAF 行业实现必要的减排效果, 达成航空行业的 2050 净零目标。支持生产并加快规模化发展可以在当下降低成本, 推动技术在未来大范围普及。严格要求透明减排以及其他可持续性指标, 有助于确保 SAF 的环保性能。除了排放低, SAF 还为行业发展和提高燃料供应韧性提供了可能。投资 SAF 生产的国家不仅可以在国内创造价值, 还可以从燃料进口国变为出口国 (ITF, 2022)^[40]。

转向更加高效的飞机可以和 SAF 相互补充。新一代飞机的效率通常比上一代飞机提高 25% ~ 30%。航空公司为降低成本,一般都会投资更高效的飞机,而飞机制造商则会不断改进,尤其是采用更高效的发动机(欧洲航空安全组织,2020)^[41]。即便低碳燃料的市场占比不断提高,但提高现有飞机技术的效率依然具有重要意义,因为飞机效率的提高可以缓冲 SAF 价格昂贵造成的成本增加。

减少燃料的使用可以预防 SAF 生产原料的供应瓶颈。改善飞机运营也能减少空运行业产生的排放。例如,各国共同承担空运管制责任可以支持更直接的飞行路线。这样的运营改善单在欧洲就可以减少 9% ~ 11% 的燃料使用(欧洲航空安全组织,2020)^[41]。

4.3.2 获取低碳替代燃料对船运至关重要

与空运行业一样,海运行业及其监管机构国际海事组织(IMO)也认识到了船运及其相关活动减排的必要性。IMO 于 2018 年通过的减排战略设定的目标是:到 2050 年,绝对排放量比 2008 年至少降低 50% (IMO,2020)^[43]。该战略明确了实现这一目标的短期、中期及长期可用措施。其他一些提高新船能源效率的措施从 2015 年开始实施,每隔 5 年收紧一次。

国际海事组织还同意在 2021 年采取额外措施,其中包括一项提高现有船舶能源效率的技术要求和若干项减少现有船舶运营碳密度的要求。然而,预计这些额外措施产生的减排效果不会很明显。它们可能无法助力实现《IMO 温室气体初步战略》中规定的目标(ITF,2022)^[44]。

高目标情景设定所有水运活动完全采用低碳燃料,从而实现更加清洁的海运。该情景设定 15% ~ 20% 的水运将由电力驱动,进一步扩大当前近海运输和沿海水运的电气化项目。

与空运行业一样,海运行业必须依赖不同措施相互结合实现高目标情景中列出的减排目标。这些措施包括低碳替代燃料、对零排放动力技术(包括风力发电)的投资、船上节能措施、船舶改进以及对港口基础设施的投资。政策制定者必须考虑替代燃料的可用性和碳强度、零排放船舶的商业可行性以及港口基础设施的建设成本。

虽然低碳和替代燃料尚未广泛应用,但船运公司对此表现出日益浓厚的兴趣。这些燃料包括生物燃料以及通过 PtL 技术生产的合成燃料。合成燃料也能兼容现有的基础设施和技术,但成本比其他燃料高很多而且目前还处于技术准备的早期阶段。政策制定者可以探索针对替代燃料实施混合燃料指令,确保低碳替代燃料在水运中的应用越来越广泛,还可以通过支持研发推动合成燃料的发展。

甲醇是另一种应用前景广阔的低碳替代燃料,已经在若干试点项目中进行了试验。甲醇本身就可以兼容改装后的传统发动机或传统的柴油混合燃料。IMO 在《低闪点燃料临时指南》中批准了甲醇的使用。多家船运公司已经开始订购甲醇船舶,而且全球各个港口的现有基础设施都可以提供这种燃料。然而,鉴于当前的生产水平和技术,甲醇的生命周期排放将高于传统水运燃料(ITF,2023)^[32]。

只有当生产这些替代燃料生产过程碳强度较低时,它们才能为海运脱碳作出重大贡献。鉴于目前这些燃料生产过程的高碳强度,政策制定者可以在解决生产方面发挥作用。《欧盟海运燃料》标准就是一个例子,它类似于向 IMO 提交的一份全球燃料标准提案(ITF,2022)^[44]。

决策者还可以与私营企业合作。例如,2015 年,挪威政府和船运公司建立了公私合作伙伴关系——“绿色航运计划”(GSP),推动建设航运脱碳的测试平台。该计划已经完成了各种试点项目,将继续为可规模化生产的解决方案建立基础(绿色航运计划,日期不详)^[45]。

加速采用低碳替代燃料面临的另一个挑战则是船舶的更新速率。船舶的使用寿命长达 25 年,这意味着目前在役的船舶中有很大一部分可能在未来十年仍然在役(ITF,2020)^[46]。由此可能会影响零排放船舶的商业可行性,进而拖累零排放燃料和技术的应用。要确保所有船舶都获得零排放燃料,需要政策支持引导投资并调整港口基础设施,以适应这种转型。

其他调整内容还包括部署新的燃料加载基础设施,在可以运营电池动力船舶的地方加装电力充电系统,以及铺设能源供应基础设施。预计港口基础设施的成本会很高,因此,必须协调好投资时机,帮助

推进低排放船舶的应用。船舶所有者必须利用节能技术改进现有船舶,准备好实现零排放。

培训船员学习对新燃料和新技术的处理也是海运脱碳战略的必要部分。可能有上万名船员需要接受某种程度的额外培训,了解即将引进的新燃料和发动机。但海运燃料未来发展的不确定性令该行业的培训迟迟无法开始。尽管如此,如果能够认识到无论燃料如何发展,未来都需要“高技能船员”的这个“总趋势”,总归可以开始准备一些基础的培训(Kaspersen, Kalsen 和 Helgensen, 2022^[47]; 海事公正转型特别工作组, 2022)^[48]。

政策制定者需要与私营企业合作,减轻一些过渡的成本,并且可以为技术要求提供关键的跨管辖区域支持。加速海运行业的脱碳需要综合采用不同的措施。考虑到船舶的流动率,针对提高船舶效率的燃料标准和技术及设计措施应与市场措施相结合,提高替代燃料的成本竞争力。

4.3.3 定价和监管将在难以脱碳的领域发挥关键作用

短期内,除了增加低碳替代燃料的生产能力外,政策措施可以侧重于缩小低碳燃料与高碳燃料之间的价格差距。特别是碳定价可以缩减空运与海运行业中的价格差异,目前这些行业的燃料一般都是免税的。此外,现有的碳定价机制往往不包括水运或仅限于地区航班(ITF, 2020^[46]; ITF, 2021)^[36]。

只要飞机和船舶的燃油税豁免(一种补贴形式)依然存在,当前传统燃料的替代选项就会处于劣势。这些豁免优惠与脱碳目标背道而驰,应予以取消。碳定价也可以产生可观的收入。如果碳定价措施与更加严格的低碳燃料生产目标双管齐下,可以促进空运和海运行业的燃料与交通工具作出改善(ITF, 2022^[44]; ITF, 2021)^[36]。

空运行业的碳定价机制存在国家和地区两个级别。然而,就像欧盟的排放交易体系(ETS),这类机制的成功取决于是否能设定合适的价格,因为碳价格太低将无法产生理想的变革动力(ITF, 2021)^[36]。本报告的模拟结果表明,如果航空运输的碳定价比其他交通模式更低,会导致航空模式占比小幅上升(0.2个百分点),这也印证了上述结论。

任何既定的碳价格都必须足够高才能有效,也才能支持替代燃料的进一步发展,特别是在碳定价机制的早期(ITF, 2021)^[36]。相较于地区或多边征税,采用全球定价可以避免市场扭曲。此外,还能降低生产活动转移到排放政策更宽松的地区的风险,或者是飞机“为避免在燃料成本较高的国家补充燃料”而携带过量燃料却导致“产生过度的燃料燃烧和排放”的风险(ITF, 2021)^[36]。

对于海运行业,由IMO等机构制定的全球定价机制可以将定价措施对相对竞争力的影响降到最低。它可能比包括船运在内的国家或超国家机制更容易让人接受(ITF, 2022)^[44]。托运方也需要能够获得低碳燃料,港口必须设有补充燃料及充电的基础设施。

引入全球海事碳定价的另一个好处是我们有机会将收入分配至上述措施,特别是在受气候变化严重影响的小岛屿发展中国家和最不发达国家。碳定价收入也可以用于提高低碳替代燃料和技术的生产能力(Dominioni 和 Englert, 2022)^[49]。

IMO目前正在考虑若干项碳定价提案,以解决海运行业免征碳税造成的收入差距。这些提案作为ITF航运脱碳共同利益小组的一部分接受了评估(见案例框4.3)。碳定价机制是一种节能补助计划(奖励零排放运营的早期采用者),也是涉及船舶技术要求的法规以及燃料标准,可以形成一套全面的措施(ITF, 2022)^[44]。面对新技术和替代燃料在商业可行性方面遇到的挑战,从短期来看,引进节能补助制度尤为有利。

案例框 4.3 ITF 的运输脱碳:“驱动落实”项目

ITF 的项目“运输脱碳:驱动落实”(“DT 落实”项目)旨在为三个难以脱碳的交通运输,即空运、水运和重型公路货运,探索减少 CO₂ 排放量的路径。确保这些领域成功转向低碳(并最终转向零碳)运营对国际社会实现气候目标至关重要。

这三个领域的脱碳所需的方式不同于其他运输模式。不同于城市需求管理或家用汽车电气化，这些难以脱碳的领域若想实现具有成本效益的转型，面临着更重大的挑战。关于这些运输模式该采用哪些减排技术，目前还存在争议，有些技术还未准备好实施。因此，要有效实现这些运输模式的脱碳，政策支持和国际合作是成功的关键。

“DT 落实”项目的工作由三个共同利益小组完成。这些小组是由国家主导的利益攸关方论坛，每个论坛专注于一种运输模式。共同利益小组汇集了来自政府、行业、研究界和非政府组织的专家。这些小组将帮助各方确定能够达成一致的领域以及需要进一步开展工作的领域。

项目旨在确定研究和创新领域的共同优先事项，为航空、水运或重型公路货运的脱碳提供支持，并促进相关解决方案的部署和商业化。共同利益小组向 ITF 成员国、其他受邀国、行业和主要运输利益相关方开放。目前，共有 31 个国家参加了这三个共同利益小组。

“DT 落实”项目属于 ITF 覆盖范围更广的“运输脱碳”倡议的一部分。该项目由欧盟委员会资助。

来源：<https://www.itf-oecd.org/dtimplement>。

4.4 小心差距：为何地区差异会拖累脱碳进展

从历史上来看，欧洲和 UCAN 产生了最多的运输排放，现在这两个地区开始将客运排放与相关运输活动脱钩(Saidi Kais, 2016)^[50]。此外，还承诺向零排放车辆(ZEV)过渡。低收入和中低收入国家的收入和人口迎来增长，出行需求也将随之增长。如果这些地区没有更大的政策雄心和支持转向更清洁的车辆，那排放量必将持续增长。

为实现《巴黎协定》的目标，所有地区以及所有运输部门必须尽快实现运输活动与排放的脱钩。低收入和中低收入国家在两种情景下的排放差异最明显，这说明它们必须从当前轨道上作出重大转变，实现高目标情景的目标(见图 4.8)。

决策者可以采取有针对性的行动缩小现实与目标之间的差距。城市环境依然能够为转向更清洁车辆提供一些条件。例如，集体车辆通常由公共管理部门直接管理，为优化充电基础设施提供了可能(ITF, 2021)^[1]。

要实现全球脱碳，需要发展伙伴国家的财政支持。高昂的资金成本仍然是转型面临的一个挑战，再加上潜在风险增加了吸引投资的难度。受援国潜在的制度和监管能力可以反映出吸引机构投资所需的财政执行能力(OECD, 2020)^[51]。例如，智利、哥伦比亚和印度协调采购电动公交车，可以反映出监管框架的支持性和项目执行能力。

在其他环境下，只要可以获得资金来源，也可以采取类似的办法。公共气候融资对提高大型投资的财务可行性和调动私人融资具有重要作用。2010 年，《联合国气候变化框架公约》(UNFCCC)缔约方大会(COP)通过了每年筹集 1000 亿美元的目标，用于支持新兴经济体在各行业实施气候行动。

年度气候资金目标原定持续到 2020 年，后来延长至 2025 年。到目前为止，没有任何一个年份达成筹资目标。而在可用的气候资金中，全球交通运输获得了 17%，能源领域获得了 46% (OECD, 2022)^[51]。2016—2020 年，中低收入和中高收入国家是气候融资的主要分配受益国，主要用于具有相关收入来源的“准备就绪”项目。

对“准备就绪”项目的偏重可能会妨碍低收入国家获得资金，这些国家可能受制于制度因素，在投身于更大规模的项目之前必须开展能力建设等活动。许多国家已经发现，缺乏技术和人力资源会影响受资助活动的定期汇报。这反过来又造成透明度缺失，成为获取资金的另一个障碍。

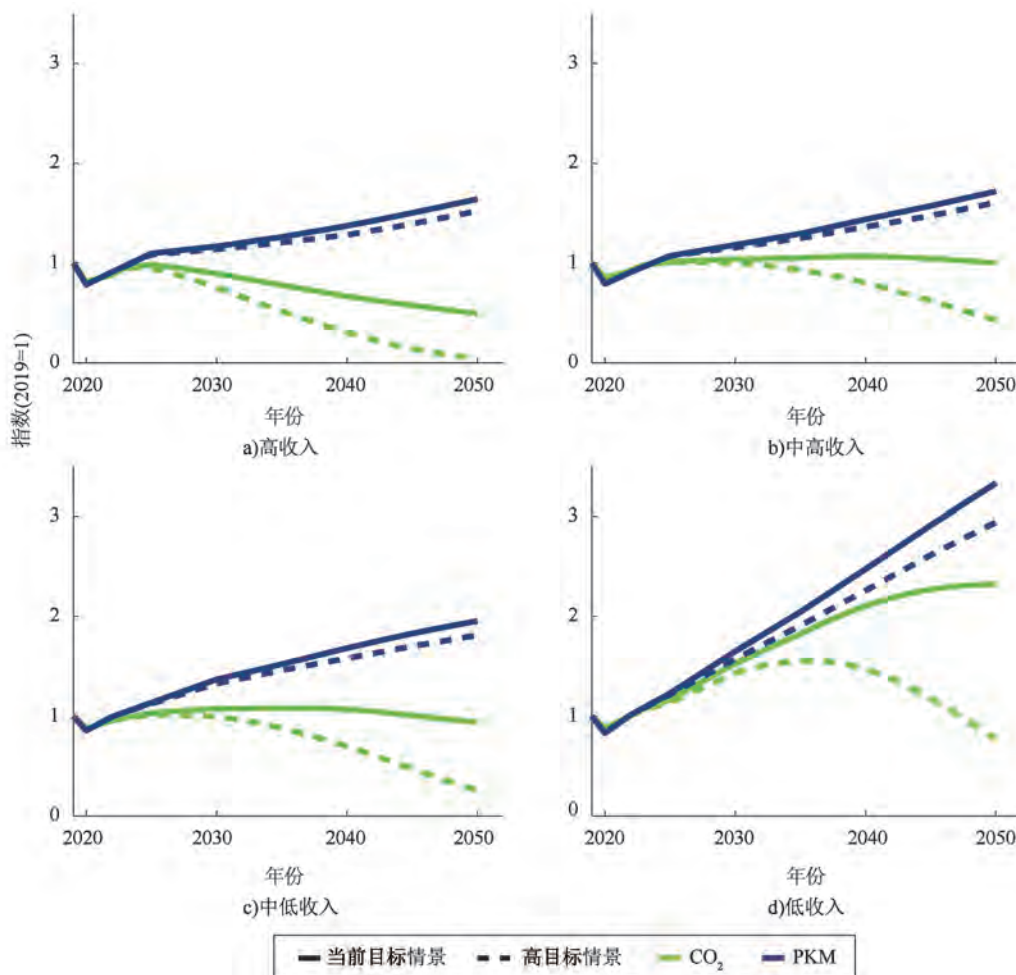


图 4.8 各地区客运周转量相对于客运二氧化碳排放情况

注:所有数值以 2019 年为基准。图中所示为 ITF 的模拟估算。当前目标和高目标指模拟的两种主要政策情景,代表运输脱碳的两种雄心水平。图中分类以世界银行的《世界发展指标》为依据。根据世界银行对报告区大部分经济体的分类,将该地区标为“低收入”“中低收入”“中高收入”/“高收入”。GDP 数据是 ITF 根据经合组织 ENV-Linkages 模型得出的估算值。来源:世界银行(2022)^[52]。经合组织 ENVLinkages 模型;<http://www.oecd.org/environment/indicators-modelling-outlooks/modeling.htm>。

在这些背景下,气候融资还应注重确保当地行为者可制定全面的计划和优先框架,在获得资金时可以确定“立竿见影”项目(OECD,2022)^[51]。而政策制定者在这些背景下则可以利用各种工具指导交通运输的投资决策,为获取融资奠定基础(见案例框 4.4)。

案例框 4.4 分析印度客运模式的生命周期

作为“新兴经济体运输脱碳”项目和“国家自主贡献(NDC)亚洲运输倡议”项目的一部分,ITF 为印度的交通运输开发了一个生命周期评估(LCA)工具。该工具可估算出与不同交通模式相关的能源消耗和温室气体(GHG)排放。该工具也考虑到了车辆特性、动力技术、能源载体、车辆的制造和处以及车辆运营所需的基础设施。

在最近的一项联合研究中,ITF 和世界银行调查了印度纯电动汽车的清洁水平,以及能源结构和当地运营条件对不同交通模式温室气体排放的影响(ITF/世界银行,即将出版)^[54]。该研究分析了 25 种

客运 BEV 和内燃机(ICE)交通模式,包括两轮和三轮车、私人机动车辆、出租汽车、地铁以及覆盖城市和城际交通的客车。

该研究的初步结果表明,在 BEV 生命周期的温室气体排放中,制造电池产生的排放约占 37%。同时,如果印度实现当前的清洁能源政策目标,BEV 的 GHG 排放将低于所有车辆类型中的内燃机车型。

此外,通过从 ICE 转向 BEV,三轮车的单辆 GHG 减排比例(大约 57%)最大。新型 ICE 城市客人在生命周期基础上每旅客周转量的 GHG 排放甚至低于汽车、出租汽车和私人摩托车的 BEV 类型。换句话说,在印度,相较于汽车和两轮及三轮车的电气化,投资 ICE 和纯电动客车也许能取得更好的减排效果。

研究结果强调该工具的另一个实际应用,即它如何评估给定交通模式对能源消耗和相关排放的影响。针对这些结果的分析为指导交通运输的政策制定和投资决策提供了依据。

来源:<https://www.itf-oecd.org/ndc-transport-initiative-asia>。

鉴于国际贸易会影响以生产对消费为基础的排放,货运排放与运输活动的脱钩更为复杂。也就是说,货运排放可能与货物生产地相关,也可能与货物消费地相关。值得注意的是,历史数据显示,近年来(在生产方面)排放和产出的弹性一直在下降,特别是在一些已经制定了国家经济脱碳政策的国家(Gail Cohen,2018)^[53]。

因此,新兴经济体的排放量相较于发达经济体在相同发展水平阶段的排放量,水平更低或大体相当。然而,在国内生产总值(GDP)主要依赖第一和第二产业的国家,例如,采掘业和制造业,脱钩障碍更大(Gail Cohen,2018)^[53]。但是,新兴经济体雄心勃勃的政策以及各类低碳技术有可能在未来规划出碳密度更低的发展道路。

4.5 政策建议

全球运输车辆转向零排放技术的速度取决于跨部门协调的转型方式。这种方式成功与否将决定我们能否实现高目标情景。

4.5.1 设定明确目标,跨部门合作,实现所有车辆脱碳

全球能源结构目前主要依赖化石能源,但必须开始转向清洁能源。此外,还需加强电网,为实现电气化提供额外电力。要满足清洁车辆转变的技术需求,需要大量的原料供应,特别是动力蓄电池所需的关键矿产。能否拥有足够的能力转向清洁车辆,取决于矿产、关键材料生产以及清洁能源技术制造等领域投资和水平。考虑到能源和技术供应链的相互依赖,要落实更高雄心水平的政策还需要跨部门协调合作。

4.5.2 制定激励措施,限制准入高排放车辆,提高零排放公路车辆的使用率

受电网可靠性、购买力、充电基础设施不足以及政策支持有限等影响,公路运输脱碳在不同地区都面临挑战。这意味着并非所有国家都能以同样的速度实现脱碳目标。政策工具在转型过程中也会随之进行调整,必须全面综合应用这些政策工具。

在早期的过渡阶段,随着 BEV 和 ICE 车辆之间购买成本差距缩小,一些通用的激励措施就可以为清洁车辆的早期采用者提供支持。在后期阶段,这些激励措施可能要让位于更具针对性的解决方案,例如以收入为基础的累进式退款(比如针对乘用车、两轮和三轮车以及电动自行车),旨在产生更加公平的结果。然而,还需进一步努力制定有效且公平的激励措施。货运车辆的购买激励也可以针对小型业主经营的企业,帮他们抵消前期较高的车辆购买成本。准入限制政策和有区别的道路使用定价则可以

成为长期措施。

城市环境应重点关注为集体和共享车辆及其配套基础设施引入激励措施,减缓乘用车造成的拥堵。运输管理部门可以在采购公共车辆和符合监管的集体车辆时纳入更加严格的排放标准和与可持续性、排放相关的指标。例如,限制通行区域可以限制某些车辆进入特定区域,减少污染和其他环境排放。这些政策一举两得:减缓 ZEV 运营成本较低可能造成的拥堵,并在城市环境中优先考虑集体和共享制交通模式。

要实现公平的过渡,必须更好地了解不同环境下的障碍。新兴经济体可以将协调采购和报废计划,以及针对小微型企业运营的非官方公共交通系统的激励措施相结合。了解车辆更新速率和全球二手车贸易可以帮助政策制定者制定过渡性脱碳措施,这些措施不会针对特定情况锁定次优解决方案。

4.5.3 部署公共充电基础设施,加快电车普及速度

公共充电基础设施不足可能会拖累 ZEV 的普及。投资建设公共 EV 充电网络可以缓解里程焦虑,并促进 ZEV 的采用,特别是在货运活动和长途非城市出行中。然而,现有的电网容量、复杂的批准程序、土地利用限定和资金限制对充电基础设施的部署构成了障碍。政策制定者在规划和出资建设充电基础设施时,需要更好地了解用户和运营商的需求。

必须构建一个基础设施网络,包括全面的标准和跨管辖区域的政策和程序协调。必须加强电网,为充电基础设施的铺设提供支持,这也需要跨部门合作。公共道路管理部门还可以探索与私营实体签订特许协议,解决 ZEV 在推广早期阶段因为利用率较低而产生的潜在财政风险。这些协议(例如公共 EV 充电基础设施的设计、融资、建设、运营和维护)可以与公路定价措施相结合,针对基础设施的目标用户收费,利用所得收入为发展基础设施提供资金。

4.5.4 通过定价措施提高低碳替代燃料的商业可行性

在空运行业,新的飞机动力技术将推动机队转向更清洁的交通模式,但这些技术仍处于开发的早期阶段,里程和发展规模仍存在不确定性。同样,虽然技术准备程度在海运行业不是一个重要因素,但零排放船舶的商业可行性仍然是一个重大障碍。这两个行业将通过低碳替代燃料实现脱碳,而这将带来生产能力和大规模应用的双重挑战。只有生产这些燃料所需的高能耗来自低碳能源时,这些替代燃料才能成为脱碳的候选燃料。因此,与能源部门的合作对降低燃料生产的碳强度至关重要。

行业之间也将为获得替代燃料而展开竞争。在电气化等技术不可行的情况下,政策制定者应该优先考虑这些替代燃料。这样有助于最大程度地减少整个经济的排放。最后,如果针对化石燃料的各种直接和间接补贴依然存在,推广清洁车辆和促进低碳替代燃料大规模应用的各项措施就不会生效。碳定价措施可缩小传统燃料和低碳燃料之间的价格差距,有助于解决这一矛盾。

第5章 宜居城市:运输脱碳的广泛效益

全球城市人口预计将持续快速增长。未来几十年里,提高城市地区的生活质量将是尤为重要的挑战。本章将阐述交通政策和投资在减排和缓解交通拥堵之外的宜居性效益。文段中的分析量化了高目标情景相对于当前目标情景的效益,并单独探讨了碳税和需求管理等具体交通政策对各种城市性能指标的影响。

本章摘要

全面的政策将在提高城市生活质量方面发挥关键作用。

宜居城市可以令居民轻松获得城市环境提供的各种机会。因此,交通会在极大程度上影响城市的宜居性。交通扩大了城市居民可接触的社会活动范围,但也带来了负面影响,例如空气中污染物数量增加。如果交通政策可以减少 CO₂ 排放量并且缓和出行需求,也可以令城市更加宜居。

根据目前的政策,在未来几十年里,即便越来越多的车辆转向清洁交通模式,但除了高收入地区,城市交通产生的有毒污染物排放预计将会增加。大幅减少城市地区与交通有关的污染物排放需要雄心勃勃的车辆和需求政策。高目标情景综合采用的各项政策,包括公路定价、燃料经济性标准、绿色采购以及货运和客运车辆的电气化,到 2050 年可以在 2019 年的基础上将城市地区的 CO₂ 排放量减少 78% 以上。

鼓励主动出行是城市脱碳政策的重点方向之一。然而,这一措施可能会增加步行及骑行用户与其他道路使用者发生冲突的风险。要减缓甚至扭转这种风险,需要大量投资主动出行基础设施,并在城市执行新的车速限制。如果延续当前的政策,到 2050 年,交通事故风险将是高目标情景下的 4.5 倍。

交通只有在人们负担得起的情况下才能称得上可及和包容。在城市空间中更广泛地增加可用的共享交通模式可以服务更多旅客,再结合统一的支付系统(包含公共交通和共享模式),可以令更多旅客享受这些服务。

覆盖广泛的公共交通网络是可及且可负担的城市交通的关键组成部分。加大投资公共交通网络,覆盖一直以来未得到充分服务的社区,可以解决包容性和公平性问题。雄心勃勃的脱碳政策将公共交通的优先级置于汽车之上,可以缩短公共交通用户的出行时间,让不开车的群体可以更方便地获得城市各处的机遇。

交通政策可促进城市空间的使用,令城市更宜居。空间利用率较高的交通系统可以为公园、新的服务和娱乐活动提供更多空间。与当前目标情景相比,高目标情景中设定的措施可以限制私人机动交通的需求,到 2050 年可以将道路占用率降低 2% ~ 10%。对于这些雄心勃勃的措施,公众的支持对它们获得认可和成功至关重要。

确保新的、旧的和不断发展的城市能继续提供高质量生活,既对全球政策提出了挑战,也提供了机遇。近年来,在人口和地理趋势双重影响下,人们对规划宜居城市的关注度大幅增长。2014 年,时任联合国秘书长潘基文指出:“宜居城市不仅对城市居民至关重要,在为可持续发展的一些关键方面提供解

决方案上也具有相当重要的作用”(联合国,2014)^[1]。

交通几乎影响到生活的方方面面。交通能让人们接触到工作机会,因此与宜居性密不可分。此外,交通系统还间接影响到宜居性的其他核心组成部分,包括安全、社会凝聚力和公共空间的可用性。全球各地对宜居性的看法和定义各不相同(Paul 和 Sen,2022)^[2]。Lowe 等(2015)^[3]对宜居城市的定义是,城市中的社区:

“……安全、有吸引力、有社会凝聚力和包容性,且环境可持续;便利的公共交通、步行以及自行车基础设施将经济适用且多样化的住房与就业、教育、公共开放空间、当地商店、卫生和社区服务以及休闲和文化机遇相连接。”(Lowe 等,2013)^[3]

本章重点关注受交通影响最大的宜居性组成部分:健康和安、机遇获得、公平的流动性以及城市空间。这四个主题与联合国可持续发展目标 11 (SDG 11)相一致,该目标呼吁城市提供“安全、可负担、便利且可持续的交通”,重点关注道路安全、空气质量和弱势交通群体(Hosking 等,2022)^[4]。本章的五个小节将详细探讨每个主题。请注意,交通并不能对宜居性的方方面面都产生积极影响:将宜居性作为规划过程的结果,可能会导致城市绅士化和流离失所(Tolfo 和 Doucet,2022)^[5]。这些是相当重要的城市问题,但本章不作讨论。

5.1 更干净的空气、更健康的城市:交通运输对公共健康的影响

城市中,许多健康问题都主要源自交通运输(Lowe 等,2022)^[6]。客运和货运车辆向大气中排放有毒污染物,包括一氧化二氮、挥发性有机化合物和颗粒物。许多地方都会使用公共健康指标评估交通系统的性能,联合国可持续发展目标的全球指标框架也包含与交通相关的结果,如城市地区细颗粒物暴露情况(Giles-Corti, Lowe 和 Arundel,2020)^[7]。世界卫生组织(WHO)预测,全球 90% 的人口面临严重的空气污染(WHO,2021)^[8],而空气污染大多集中于城市地区。

5.1.1 交通运输脱碳政策可以减少城市污染物排放

ITF 的城市客运模型(见第 2 章)根据不同地区 and 不同政策情景下预估产生的城市污染物排放衡量交通运输对公共健康的影响。污染物排放受到交通需求和车辆特性的共同影响。该模型针对交通工具排放的六种有毒污染物分别设立了指标:黑炭(BC)、氨(NH₃)、氮氧化物(NO_x)、直径小于或等于 2.5μm 的细颗粒物(PM_{2.5})、二氧化硫(SO₂)和挥发性有机化合物(VOCs)。

这些污染物会严重影响城市居民的健康。正如《ITF 交通运输展望 2021》所强调的,NO_x、SO₂ 和 PM_{2.5} 对公共健康的不利影响已是众所周知(ITF,2021)^[10]。请注意,ITF 模型只估算燃烧产生的尾气污染物,并不包括轮胎、制动或其他车辆部件磨损产生的额外污染物。在高目标和当前目标情景下以及不同地区之间,2020—2050 年 BC、NH₃、NO_x、PM_{2.5}、SO₂ 和 VOC 的排放水平呈不同的变化趋势(图 5.1)。

如图 5.1 所示,高收入地区拥有相对较新的车辆,且率先向零排放技术过渡,预计在当前目标情景下,空气污染物排放将大幅下降。在高目标情景下,随着城市快速转向零排放车辆(ZEV)和备选交通模式,排放量下降得更快。

在当前目标情景下,中等收入地区可能会随着时间产生更多的空气污染,因为不断增长的运输需求抵消了车辆逐步更新车辆技术所产生的效益。相反,高目标情景设定将快速采用 ZEV 技术并减少使用私人机动车辆,空气污染水平可能会得到显著改善。

低收入地区出行需求将快速增长,且依赖排放控制系统较差的进口老旧车辆,因此最容易面临空气污染排放大幅增加的风险。在高目标情景下,低收入地区转向低排放技术并减少对私人机动车辆的使用,许多空气污染物的预期增幅将减半。

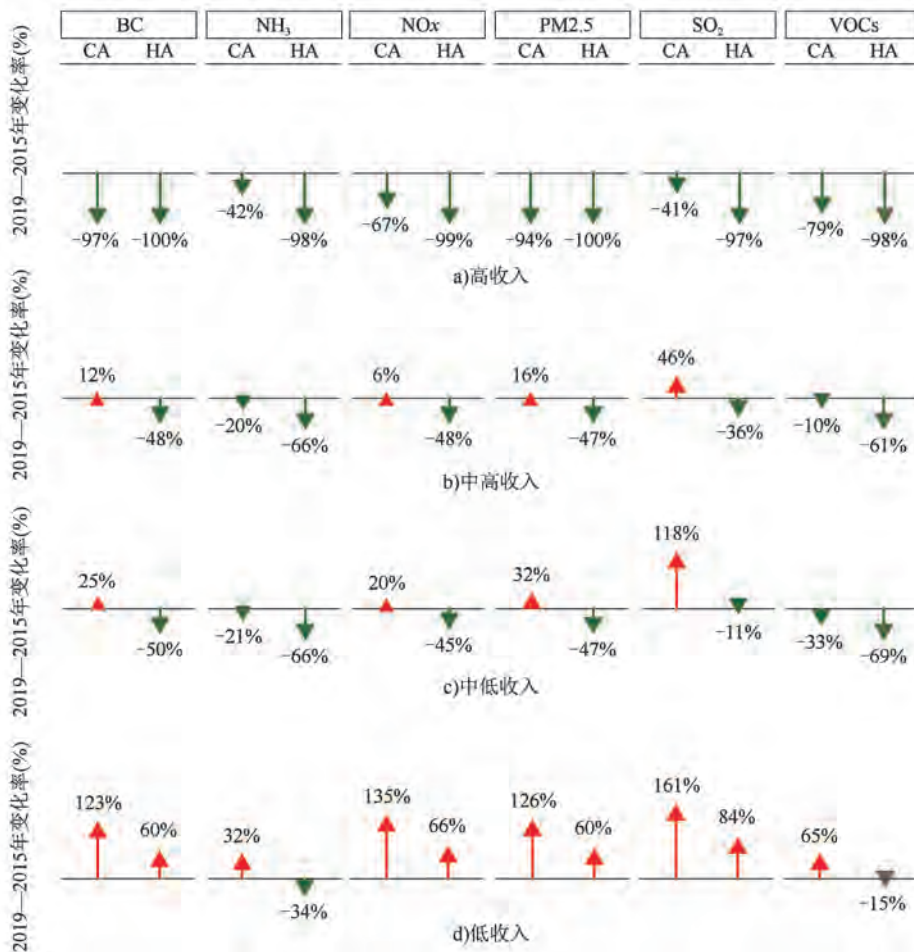


图 5.1 2019—2050 年不同情景和不同地区组别的城市污染物排放变化

注：图中所示为 ITF 按不同情景和不同地区，模拟 2019—2050 年乘用车、轻型商用车、客车和重型货车每年产生的空气污染物排放总量（以质量计）的变化。两轮和三轮车产生的排放不包括在内。这些数值只包括城市交通行驶中因燃料燃烧而产生的道路排放。当前目标（CA）和高目标（HA）指模拟的两种主要政策情景，代表运输脱碳的两种雄心水平。估值按质量计算，因此并不与浓度和城市空气质量成正比。空气污染物的排放按照国际清洁运输理事会提供的燃料污染系数（每升燃料产生的污染物克数）进行估算。收入分类以世界银行的《世界发展指数》为依据（2022）^[9]。根据世界银行对报告地区大多数经济体的分类，将该地区标记为“低收入”“中低收入”“中高收入”/“高收入”。

按车辆类型分类的结果表明，即使落实雄心勃勃的政策，也很难完全减缓城市交通造成的公共卫生风险。以质量计，货车和客车等重型车辆产生了大约三分之二的 NO_x、BC、PM_{2.5} 和 SO₂ 等城市空气污染物，而它们在道路上的所有车辆中只占不到 5%。城市交通转向客车将在减少私人机动车辆使用方面发挥重要作用。此外，更新车辆并采用新的动力技术，对限制空气污染物的排放也至关重要。

运营商和交通管理部门必须解决公共交通电气化带来的物流挑战，比如，考虑到电动客车的续航里程比柴油客车短，需要重组客车运营，并为电动客车建设维护和充电设施（Selar 等，2019）。这些结果表明，要消除城市交通排放造成的公共卫生风险，雄心勃勃地转向公共交通等更可持续的交通模式也只是必要条件之一，但不是充分条件。

交通政策可以直接针对空气污染，例如设立低排放区（LEZ）和零排放区（ZEZ），车辆在这类区域必须以零排放交通模式运行。据预测，与设立超低排放区（ULEZ）相比，伦敦的 ULEZ 在运营的前六个月将市中心的 NO_x 排放减少了 31%（大伦敦政府，2019）^[12]。

全球几十个城市地区已经实施或计划实施类似的车辆排放限制，但主要是在亚洲和欧洲（Cui, Gode 和 Wappelhorst, 2021）^[13]。实施过程往往很复杂，许多管辖区都选择从相对轻松的限制措施开始

(例如特定时间的限制或只针对货运车辆的限制),测试措施的设计并建立公众支持。LEZ 的管理规定将引导高污染车辆从城市其他地区通过,也许会影响分配公平,但可以通过补充政策解决 LEZ 管理规定的公平影响,例如严格的车辆排放标准可以限制高污染车辆的销售。

5.1.2 低排放车辆只是解决方案的一部分

并非所有尾气排放的空气污染物都是燃烧化石燃料的副产品。一些电动车辆对于限制交通相关的 CO₂ 排放至关重要,但也会向大气中排放危险颗粒物(OECD, 2020)^[14]。这个例子强调,我们在制定交通政策时应考虑到城市宜居性和气候变化影响。如果交通政策可以通过改善可及性缩减出行距离并鼓励转向主动出行模式,则将对公共卫生和城市宜居性产生积极影响。

即便电动车辆增加,将城市出行需求转向单位乘客污染物排放更少的主动和共享出行模式仍然是创建健康宜居城市的重要目标。鼓励主动出行的政策也可以引导人们更多地锻炼身体,改善健康状况(Aldred, Woodcock 和 Goodman, 2021)^[15]。例如,围绕骑行如何影响健康和安全性展开的一项全面调查发现,保持或增加骑行相关的身体活动所产生的货币化健康效益,超过交通事故产生的负面健康影响,两者差异最高可达 18:1(ITF, 2013)^[16]。案例框 5.1 概述了城市地区目前存在的公共卫生问题以及主动出行如何影响城市居民的健康生活。

案例框 5.1 交通规划和身体活动之间的联系

国际经合组织和欧盟国家中约有三分之一的成年人缺乏足够的运动,从芬兰的不足 20% 到葡萄牙的高达 46%,各国缺乏运动的成年人占比在这个范围内波动(OECD, 2021)^[25]。通信技术的进步和人造环境的变化等因素减少了人们移动的必要性,因此人们的运动水平较低(OECD, 2019)^[26]。例如在整个欧盟,汽车都是主要的城市交通形式(欧盟统计局, 2021)^[27]。

运动水平较低会增加肥胖、精神健康欠佳和心血管疾病、常见癌症和 2 型糖尿病等各种疾病的发病率。一些国际经合组织国家已经出台政策,鼓励主动出行模式,提高身体活动水平。这些政策包括投资建设步行和自行车道、绿地和无车区。

作为“公共卫生最佳实践”项目的一部分,国际经合组织就业劳工和社会事务局卫生司评估了现实生活中开展的提倡主动出行的倡议对健康、经济和交通模式转变的影响,其中包括下文列举的丹麦、法国和西班牙的示例(OECD, 2022)^[28]。

丹麦:自行车高速公路

2009 年,丹麦推出了“自行车高速公路”作为一项干预措施,为自行车用户提供了在全国各城市之间安全骑行的基础设施。自行车高速公路不同于普通的自行车道,因为它们专供自行车用户使用。此外,自行车高速公路覆盖的距离相当长,还包括为需要小修或打气筒的自行车用户提供服务的维修站。自 2010 年以来,平均而言,将自行车道升级为自行车高速公路令自行车用户增加了 23%,其中 14% 的新用户以前一直是开车出行(自行车高速公路, 2019)^[29]。

法国巴黎:自由骑行大都市

“自由骑行大都市”(Vélib' Métropole)是世界上最早、规模最大的自行车共享计划之一。Vélib' (法语中“自行车”和“自由”的合成词)创建于 2007 年,鼓励居民更多地使用主动出行模式。截至 2023 年,在巴黎和法兰西岛(巴黎周边地区,包括 60 个自治市)的其他地区,共有 1800 个 Vélib' 自行车站点。这些站点提供了 2 万辆自行车供人们使用,其中 40% 的自行车配备电动助力技术(Vélib', 2022)^[30]。

西班牙巴塞罗那:超级街区

巴塞罗那的超级街区模式利用城市现有的网格状设计来重新组织交通运行。具体来说,这项措

施将巴塞罗那分成若干个超级街区,每个超级街区由九个街区组成,其中的内部街道对外封闭,居民可以开车进出,最高时速限制 10km,但限制外部车辆通过。据预测,如果在国际经合组织所有符合条件的地区实施超级街区,到 2050 年,发病率将减少 180 万例。因此,“超级街区”每年节省的费用相当于巴塞罗那大都市区医疗总支出的 0.01%。

来源:OECD(即将出版)。

交通运输还影响公共卫生的其他重要方面,但 ITF 的模型无法衡量这些影响。心理健康就是其中一个方面。道路拥堵产生的压力、担心出行途中会遭遇犯罪和暴力以及获得社会联系的可能性,所有这些都影响心理健康,也都与交通系统的性能密切相关(Whitley 和 Prince,2005^[17];Mackett 和 Thoreau,2015^[18];Nadrian 等,2019)^[19]。

此外,公路、铁路和航空运输产生的噪声污染还会损害认知功能,增加压力水平,造成长期的生理和心理伤害(Weber 等,2022)^[20]。一些脱碳措施,包括车辆电气化和转向主动出行模式,可以带来降低交通噪声污染等伴随效益。交通运输这些附加的健康影响,虽然在本报告中没有详细展开,但应作为所有交通政策整体战略的一部分予以应有的考量。

本报告探讨的两种政策情景在污染物排放方面显露的差异正是一个鲜明示例,说明雄心勃勃的交通政策产生的效益不止是解决气候变化和交通拥堵问题。该模型预测,高目标情景下 NO_x 的排放将比当前目标情景下减少 890 万 t。

根据 Muller 和 Mendelsohn 使用的方法(2007)^[21],减少的污染物排放可以降低城市中的发病率和死亡率,在 2050 年可以产生价值 24 亿美元的年度全球公共卫生效益。如果包含与 NH₃(3810 美元/t)、PM_{2.5}(3000 美元/t)、SO₂(1360 美元/t)和 VOC(450 美元/t)相关的发病率和死亡率成本,高目标情景在 2050 年仅在公共卫生领域产生的价值相对于当前目标情景就超过 54 亿美元。

5.2 设计安全的街道:交通安全和脱碳之间的联系

每年大约有 130 万人死于道路交通事故(WHO,2022)^[22]。和城市空气质量一样,道路安全也是宜居性的重要组成部分(ITF,2021)^[23]。相较于郊区和农村地区,城市地区道路死亡人数的下降速度总体上要慢得多(ITF,2021)^[23]。城市地区始终存在交通死亡事故,因为城市街道上有更大比例的自行车用户、行人、机动脚踏两用车和其他交通工具使用者暴露于高速车流的风险下。

ITF 最近对 35 个城市地区的一项研究发现,弱势道路使用者占有所有交通死亡人数的 85%(ITF,2022)^[24]。另一个诱发因素是城市街道上存在大型货运车辆,这些车辆在取送货物时可能妨碍其他使用者并造成安全隐患。道路安全报告通常侧重于道路死亡统计数据,因为这些数据更容易获得,而如果能够获得有关严重伤害的数据,则可以进一步了解城市道路的整体安全情况。

5.2.1 弱势道路使用者面临的危险越来越大

城市地区的行人和自行车用户的交通安全可能会随着时间变得越来越差。如果交通政策仅限于按照当前的气候承诺推动交通模式转变,而没有改善道路安全的补充政策,那么风险会更高。图 5.2 显示了总体交通事故风险替代性指标的预期趋势,该指标反映的是乘用车与弱势道路使用者之间的潜在冲突风险。在当前目标情景下,由于行人和自行车用户数量增多,而保护他们避免与乘用车碰撞的政策有限,预计冲突风险将持续增长一直到 2050 年。

在当前目标情景下,2050 年全球平均暴露风险将比 2019 年高出近 60%。高目标情景设定快速扩建单独的自行车道并实施车速限制,减缓了暴露风险的上升趋势。在高目标一揽子政策下,暴露于冲突的总体风险比当前目标情景下增长得更缓慢。然而,风险指标在两种情景下都呈增长趋势,说明我们应该专门为主动出行和道路安全制定政策,作为建立“安全系统”的一部分(ITF,2022)^[32]。

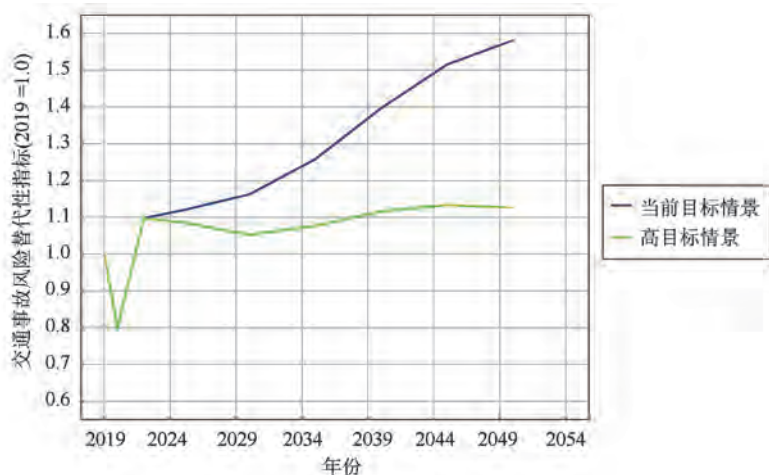


图 5.2 当前目标和高目标情景下交通事故风险替代性指标随时间的变化

注:图中所示为 ITF 的模拟估算。交通事故风险替代性指标衡量的是暴露于弱势道路使用者与乘用车之间的潜在冲突下的风险。该指标包含车辆数量、不同交通模式之间的速度差异以及不同交通模式之间的纵向距离。数值越低,暴露于冲突的风险越小。这些指标只考虑与乘用车之间的冲突,不包括货运车辆。当前目标和高目标指模拟的两种主要政策情景,代表运输脱碳的两种雄心水平。

图 5.2 所示的交通事故风险代理指标和图 5.3 所示的特定交通模式指标是《ITF 交通运输展望》系列的新内容。这些指标评估了使用同一条街道的两种出行模式(例如行人和乘用车)之间的潜在冲突风险。它们考虑了车辆数量、不同交通模式之间的平均行驶速度差异以及不同交通模式之间的纵向距离,但这些指标并不包括与城市货运车辆发生冲突的潜在风险。

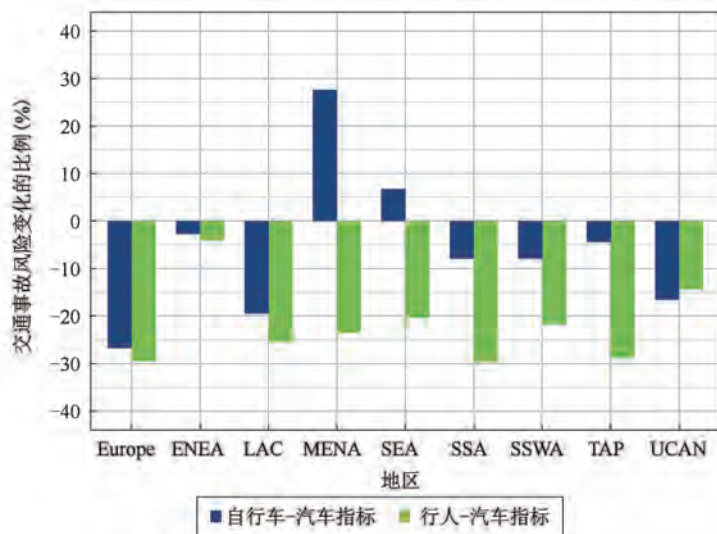


图 5.3 2050 年高目标情景下行人和自行车用户的安全指标相对于当前目标情景的变化

注:图中所示为 ITF 的模拟估算。交通安全指标衡量的是暴露于两种出行模式之间的潜在冲突下的风险。该指标由车辆数量、不同交通模式之间的速度差异以及不同交通模式之间的纵向距离。数值为负,表示暴露于冲突的风险降低。这些指标只考虑与乘用车之间的冲突,不包括货运车辆。当前目标和高目标指模拟的两种主要政策情景,代表运输脱碳的两种雄心水平。ENEA:东亚和东北亚。LAC:拉丁美洲和加勒比地区。MENA:中东和北非。SEA:东南亚。SSA:撒哈拉以南非洲。TAP:转型经济体和其他亚太地区国家。UCAN:美国、加拿大、澳大利亚和新西兰。Europe:欧洲。

为当前目标和高目标情景计算的行人与汽车和自行车与汽车之前的冲突安全指标让我们可以按区域比较交通政策对暴露风险的影响。这些指标除以弱势出行模式的总出行需求,可以估算出每步行或

骑行 1km 的暴露风险。ITF 最近的一份报告(2022)^[33] 提供了详细的计算方法。

图 5.3 的结果表明,在大多数地区,相较于当前目标情景,雄心勃勃的脱碳政策措施预计将减少城市地区弱势道路使用者暴露于交通事故的风险。高目标情景设定人行道快速扩建并下调车速上限,在一定程度上抵消了每个地区行人暴露风险的增加。与当前目标情景相比,高目标情景中包含的措施减缓了暴露风险的增加,为行人提供了更加安全的街道环境。在欧洲、撒哈拉以南非洲地区(SSA)和 TAP 地区,行人暴露于冲突的风险相对于当前目标情景下降了近 30%。

大多数地区的自行车用户在高目标情景下也看到了一定程度的改善。由于新建了单独的自行车道基础设施并下调了汽车速度,预计自行车用户暴露于冲突的风险将略有下降。然而,在中东及北非(MENA)和东南亚(SEA)这两个地区,自行车模式占比的提升增加了冲突暴露的风险。

这些趋势表明,脱碳政策的伴随效益不足以解决弱势道路使用者日益严峻的安全担忧。一些地区迫切需要立刻为弱势道路使用者建设相关基础设施,以匹配城市街道上自行车用户和乘用车数量的增长,同时严格执行速度限制。道路网络尚未成熟的城市地区应考虑在新建的基础设施中为轻型交通和主动出行保留一些基础设施。此外,还需制定额外的道路安全政策(例如,关于摩托车头盔)。

5.2.2 雄心勃勃的政策可以改变城市,提高所有道路使用者的安全性

高目标情景的结果表明,雄心勃勃的交通政策在所有地区创建更安全城市的过程中将发挥变革性作用。此外,如果不投资建设更加安全的步行、骑行和更广泛意义上的轻型交通环境,就不可能完成必要的交通模式转变,实现高目标情景的政策目标。

虽然高目标情景下的政策能产生气候变化效益,但如果没有额外的政策改善城市交通的安全,许多地区的弱势道路使用者的安全将大幅下降。为道路安全建立“安全系统”包括一系列广泛的类似政策。这一框架设定人为错误无可避免。共同设计基础设施、交通管理、车辆和事故后护理,尽力避免人为失误造成的死亡和重伤,可以与强调规范行为的传统政策相辅相成。因此,交通基础设施的设计应尽量减少发生交通事故的风险。“安全系统”设计应包括受保护的步行和骑行基础设施、交通稳静化、改善路面质量,以及由所有相关部门共同负责道路的设计和管理(ITF,2020^[34];ITF,2022)^[32]。

图 5.3 所示的替代性指标评估的是暴露于潜在冲突的风险,但并没有显示这些冲突的严重程度。车辆的大小、重量和速度一样,在牵涉弱势道路使用者在内的交通事故中,都是影响事故严重程度的重要因素。在美国,体型较大、重量较重的乘用车导致弱势道路使用者的重伤和死亡率以令人担忧的速度不断攀升(Edwards 和 Leonard,2022)^[35]。

随着电动车辆的普及,对车辆重量的考量,尤其是对汽车和小型货车而言,变得至关重要;因为添加了动力蓄电池组的重量,电动车辆往往比类似体型的化石燃料动力车辆更重(OECD,2020)^[34]。法国和华盛顿特区已经开始对重型乘用车实施按重量收费,以此鼓励购买轻型车辆(Zipper,2022)^[36],而欧盟已经开始要求在新型车辆设计中添加保护行人和自行车的措施(ETSC,2019)^[37]。汽车在过去几十年里变得越来越重。扭转这一趋势将显著提高车辆效率,减少二氧化碳(CO₂)和污染物排放,并改善道路安全(ITF,2021)^[38]。

5.2.3 降低风险需要有针对性的道路安全政策

设计更加安全的街道包括降低车速以及增大车辆与弱势道路使用者之间的距离。下调车速上限应与交通稳静化基础设施和执法相结合(Wilmot 和 Khanal,2010)^[39]。可切实降低行驶速度的交通稳静化基础设施包括缩窄行驶车道、设置弯道以及升高人行横道(Damsere-Derry 等,2019)^[40]。这些处理令可持续出行模式更加安全,因而更具吸引力,由此促进人们转向可持续出行模式(Clarke 和 Dornfeld,1994)^[41]。ITF 最近发布了一份指南,指导安全街道的街道设计和交通管理解决方案(ITF,2022)^[42],这份指南是对世界资源研究所宽泛的全球指南的补充(Welle 等,2015)^[43]。所有城市道路安全计划都应考虑道路死亡和重伤两方面的发展趋势。

为行人和自行车用户设立单独的基础设施是一项行之有效的措施,可降低道路死亡率(Reynolds 等,2009^[44];Gössling 和 McRae,2022)^[45]。研究结果还表明,用户认为专用基础设施比大容量共享车道更舒适、更安全,建设更多针对性的专用基础设施可推动主动出行和微出行的普及(亚洲清洁空气中心,2013^[46];Ton 等,2019)^[47]。货运专用基础设施(如装货区)将货运车辆与客运车辆相隔离,也可以减少冲突,提高整体的交通安全(McDonald 和 Yuan,2021)^[48]。

未来,自动驾驶车辆的广泛应用可以减少或消除因驾驶员错误而导致的交通事故。但自动驾驶车辆也可能出现意想不到的危险驾驶行为。此外,自动驾驶技术的进展实际比预期更慢,未来仍然存在相当大的不确定性。许多预测认为,自动驾驶车辆还需几十年才能实现较高的市场占有率(Lavasani 等,2016)^[49]。为在短期和长期内最大程度地提高城市宜居性,本书侧重阐述的是如何限制人为操作车辆发生交通事故的频率和严重程度。

5.3 令城市触手可及:致力于改善可及性的交通政策

宜居城市的交通系统应能有效发挥核心功能——帮助人们在城市区域内活动。本节将分析城市及其交通系统如何为居民提供有效的路径,帮助他们前往参与想要或需要的活动。这些活动包括商店购物、工作和健康医疗等必需活动,还包括餐馆和娱乐等城市便利设施。与之前 ITF 关于本话题的出版内容一致,本节主要关注与获取机遇有关的“可及性”(ITF,2019)^[50]。

5.3.1 减少公共交通出行时间,扩大机遇可及性

交通需求通常是派生的,也就是说,出行需求通常来自追求相关活动的愿望。城市拥有近乎无限的可能活动和工作机遇,这也是为什么城市是如此令人向往的居住地,为什么人们持续不断地涌入城市地区。出行前往偏远地点进行活动可能耗费很多时间,尤其是随着城市地区发展得越来越大,交通网络变得拥堵不堪。因此,如果某些活动所处位置不方便,实际上可能会影响活动的可用性。

如此说来,让居民能够前往城市各处享受城市生活的美好,就是交通系统实现的空间可及功能。此外,有些地方只能通过特定的交通模式(例如私人机动车辆)抵达,因此实际上仅限于向该出行模式的用户群体开放。

量化空间可及性的指标有很多。Weibull 针对所有可及性指标提出了一套技术标准:增加吸引力应改善可及性;增加出行时间应降低可及性;不提供价值的机遇不应影响可及性。Morris、Dumble 和 Wigan (1979)^[52]也提出了若干实用的标准:任何一个可及性指标都应以行为为基础,具有技术可行性且易于解释。

ITF 可及性框架(见案例框 5.2)满足上述每一项标准。该框架包含累计型可及性指标,计算每一种交通模式在一定出行时间阈值内的目的地总数。累计型指标通常用于可及性的综合研究中(Wu 等,2021)^[53]。以距离相近为基础的可及性指标是衡量可及性的另一种方式,是从给定起始地点达到最近的活动地点(如医院)所需的最短出行时间。

ITF 可及性框架需要每个城市地区具体的交通网络数据,这无法应用于全球展望的估算。本报告使用两个替代指标代表可及性。第一个替代指标,是汽车和公共交通的平均行驶速度。各交通模式的平均速度用于说明两种政策情景之间交通系统性能的对比。第二个替代指标是城市地区现有的交通模式组合,该指标评估了不同交通模式类别的出行分布,可帮助了解某个干扰因素的潜在影响。

图 5.4 显示出 2050 年每个地区的乘用车和公共交通在当前目标和高目标情景下的平均行驶时间差异。这个指标反映出每种出行模式穿越城市的平均时间。高目标情景的相关政策可以减少除 SSA 以外的每个地区公共交通的平均行驶时间。取得范围如此广泛的效益并不令人惊讶,因为高目标情景下的许多政策措施都直接致力于改善公共交通系统的性能。SSA 的公共交通速度下降了大约 5%。

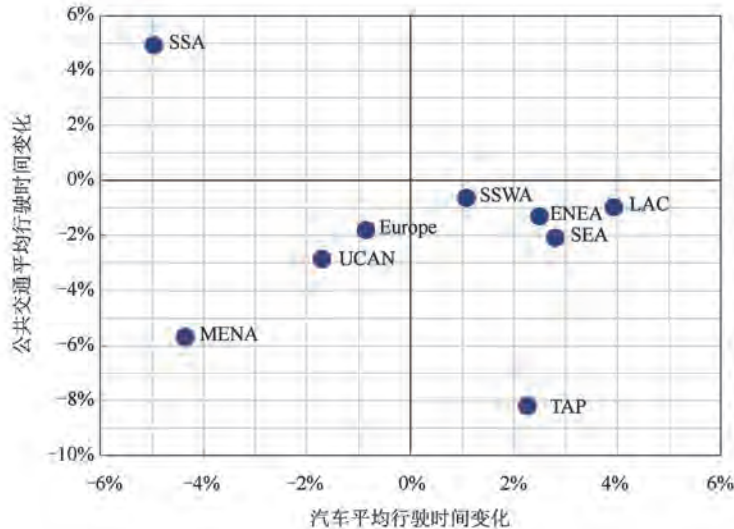


图 5.4 2050 年不同地区乘用车和公共交通从当前目标情景到高目标情景的行驶时间变化

注：图中所示为 ITF 的模拟估算。平均行驶速度的计算以市中心到城区边缘最常见的一次出行为基础。当前目标和高目标指模拟的两种主要政策情景，代表运输脱碳的两种雄心水平。ENEAE：东亚和东北亚。LAC：拉丁美洲和加勒比地区。MENA：中东和北非地区。SEA：东南亚地区。SSA：撒哈拉以南非洲地区。TAP：转型经济体和其他亚太地区国家。UCAN：美国、加拿大、澳大利亚和新西兰。Europe：欧洲。

在高目标情景下，道路空间将重新分配给可持续交通模式，因此大多数地区汽车的平均行驶时间预计会增加。高目标情景下的具体政策措施，例如下调车速上限，预计将进一步减缓乘用车的行驶速度。在欧洲、MENA 和 UCAN 地区，汽车和公共交通的出行时间都将得到改善。这一方面是因为稳步转向主动和共享模式减少了道路网络的拥堵，另一方面是因为改变以往的土地利用规划方式为人们在周边提供了更多机遇。

这就意味着获取这些机遇所需的出行距离将缩短，但在欧洲、MENA 和 UCAN 地区，公共交通出行时间的改善比汽车更明显。如果高目标情景设定的政策措施得以落实，预计这些地区的城市居民可以享受更加方便的汽车和公共交通出行，可以触及更多的就业、社会和娱乐机遇。

案例框 5.2 衡量城市可及性：ITF 的可及性框架

ITF 可及性框架评估了世界各城市在城区范围内的可及性 (ITF, 日期不详)^[54]。该框架可以确定某个给定地点在特定的时间范围内通过步行、骑行、公共交通或汽车等不同的出行模式可抵达的目的地数量，然后再测量出在一定地理距离内目的地的数量。可及目的地与附近目的地的比例决定了每种交通模式的性能。这种可及性计算方式不同于以往的研究，因为它反映的是不受城市大小影响的交通性能。该框架使用的是世界通用的统一的城市定义，为比较提供了统一的基准。

一项初步研究 (ITF, 2019)^[55] 运用该框架计算了 30 个欧洲国家 121 个城市的学校、医院、食品店、娱乐场所和绿地的可及性 (图 5.5)。研究发现，城市始终能比周围的通勤区提供更高的可及性。汽车能比公共交通或骑行提供更好的可及性，特别是对于时间较长和通勤区的出行，而自行车和其他微交通模式则更适合 15min 的出行。虽然拥堵会降低交通性能，但密度较高的城市仍然可以实现高水平的可及性，因为很多目的地就在附近。这说明，我们不仅可以通过改善交通系统来提高可及性，还可以通过让人们更接近目的地来实现这一目标。

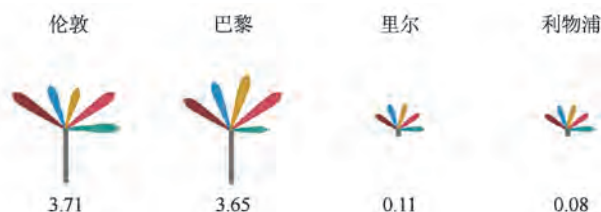


图 5.5 可视化欧洲城市公共交通的可达性

ITF 可达性框架正不断改进且应用于不同地区。ITF 与经合组织的萨赫勒和西非会社合作,测评了加纳两个最大城市——阿克拉和库马西的步行、驾车和非官方公共交通的可达性。该框架现在正利用按性别划分的人口和出行行为数据反映可达性方面的性别差异。在另一项研究中,ITF 将该框架应用于韩国首都圈。该研究包含了社会经济人口特征(例如年龄、性别、收入和是否拥有汽车),添加了公平性视角。具体情景分析了特定人口群体前往重要目的地的需求(例如老年人前往休闲设施或低收入家庭通过公共交通工具前往工作地)。

利用 ITF 可达性框架可视化工具——“您的城市可达性如何?”,可以在不同城市之间进行比较。五色花瓣分别显示了人口、学校、医院、食品店和绿地在 30min 内利用公共交通的相对可达性。茎秆的长短和每个茎秆下方的数字代表城市总体的可达性分数。

资料来源:ITF(日期不详)^[54]。

5.3.2 交通政策、可达性和城市设计密不可分

越来越多的城市认识到,改善可达性是城市规划的一个关键目标(OECD,2020^[56])。“以公共交通为导向的开发”(TOD)和“15min 城市”是目前很流行的两种城市设计理念,力求通过不同但互补的方式最大限度地提升机遇的可达性。TOD 的总体目标是在拥有高容量公共交通车站的核心商业区的步行可达范围内建设多功能社区(Calthorpe,1993^[57])。而所谓 15min 城市,就是指在城市区域内居民步行或骑行不超过 15min 即可满足日常需求(Allam 等,2022^[58])。

在这两个概念中,重点就是可持续交通、多功能土地开发和减少对私人机动交通的依赖。TOD 最初被视为是美国郊区的可持续发展方案,侧重于发展公共交通。相比之下,15min 城市则依赖步行、骑行和微出行作为核心交通模式,让人们可以获得附近的需求和便利设施。达卡市的发展计划证明,TOD 的设计要求可以让人们更方便地前往城市各地的便利设施,哪怕是世界上人口最密集的城市之一(Rahman, Ashik 和 Mouli,2022^[59])。

可达性取决于运输系统的有效性和潜在活动的密度。可达性也会受到交通网络拥堵的影响,因此在一天中的不同时间也会有所变化。如第 3 章所述,要建设可达性较高的城市,必须投资建设有效的运输系统并实施政策帮助缩短出行距离,例如,紧凑的土地利用规划和稳健的公共交通系统(Wu 等,2021^[53])。

15min 城市和 TOD 这两个概念并不一定总是能改善城市的公平性,但它们的目标往往与社会公平相结合,致力于保障所有城市居民共享利益(Lung-Amam, Pendall 和 Knaap,2019^[60])。要确保所有人都能享受可达性社区带来的效益,就必须谨慎规划并采取补充措施(例如通过包容性区划减少现有居民流离失所的情况,制定社会住房政策)。通过缩短出行距离提升可达性,可推动人们转向微出行、主动和共享模式,这些交通模式更节省空间。在这种交通模式转变下,交通基础设施可以改换其他用途,例如用作绿地,令城市地区更宜居。

交通系统只是可达性的一个要素。因此,这一措施不能反映土地利用格局的变化。高目标情景设

定的政策措施,像是更广泛地采用多功能土地开发模式,预计将增加城市地区内的密度和机会分布。因此,当前目标和高目标情景之间行驶速度的变化可能忽视了高目标政策措施对城市可及性的总体改善。

5.3.3 综合利用多种交通模式可以改善宜居性

ITF 还制定了一项以行程为基础的出行模式平衡指标,研究城市居民可用交通模式的多样性。从概念上来看,出行模式平衡指标与可及性相关,因为这个指标量化了交通网络在受干扰情况下提供机遇可及性的能力。可能受到的干扰包括恶劣天气或妨碍交通的交通事故。该指标设定 0~1 的标准范围,如果采用不同的出行模式类别,则该次出行属于完美平衡,评分为 1,而完全依赖单一出行模式则评分为 0。

相较于当前目标情景和今年的评分,美国、加拿大、澳大利亚和新西兰(本报告归为 UCAN 地区)的模式平衡评分在高目标情景下将显著改善(图 5.6)。许多北美地区城市在汽车模式下可及性相当高,但在公共交通和主动出行模式下可及性较低(Wu 等,2021^[53])。因此,对于不使用汽车的群体而言,这些城市的可及性总体上比较差。此外,由于缺乏替代的出行模式,道路网络干扰会限制这些城市的交通可及性。

微出行和共享出行等新的出行模式可以为出行者提供更全面的交通选项,包括为行动有障碍的群体提供适配的交通工具,有助于提升可及性和韧性(Abduljabbar, Liyanage 和 Dia, 2021^[61])。上文所述在 UCAN 地区观察到的效益正是因为该地区摆脱了对私人机动车辆的过分依赖,2022 年私人机动车辆占出行总数的 80% 以上,在未来人们更多地转向地铁和主动出行模式。

如果乘用车是城市地区占主导优势的出行模式,而其他模式很少使用或无法使用,那在道路网络受到任何一次严重干扰的情况下,城市地区也非常容易受到影响。在 UCAN 地区,更均匀的出行模式平衡有助于限制道路网络干扰的影响,这对适应气候变化至关重要。对于欧洲、LAC 和 MENA 地区,出行模式平衡指标在 2022—2050 年期间基本不变,高目标政策措施收效甚微。在高目标政策的影响下,ENEA 和 UCAN 等其他地区出行模式平衡将得到改善。

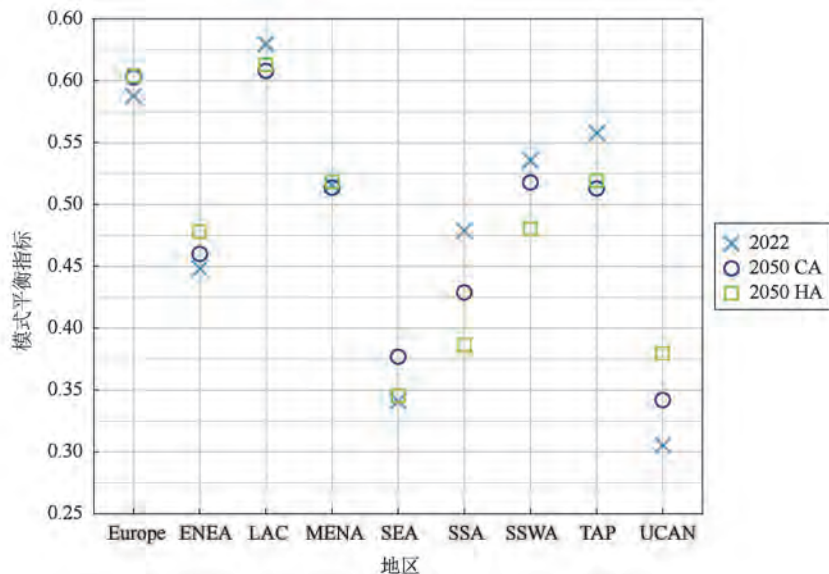


图 5.6 2022—2050 年期间地区出行模式平衡的变化

注:图中所示为 ITF 的模拟估算。该指标衡量的是四种出行模式类别之间以行程为基础的模式平衡,其中 1 代表所有出行模式之间的完美平衡,0 代表所有行程都集中于某个单一出行模式类别。出行模式类别包括轻型道路使用者(步行、自行车、摩托车、三轮车、共享轻型摩托车、共享自行车和共享摩托车)、重型道路车辆(汽车、出租汽车、巴士、非官方巴士、拼车、共享汽车和出租巴士)、轻型公共交通(快速公交和轻轨交通)以及重型公共交通(郊区铁路和地铁)。当前目标(CA)和高目标(HA)指模拟的两种主要政策情景,代表运输脱碳的两种雄心水平。LAC:拉丁美洲和加勒比地区。MENA:中东和北非地区。SEA:东南亚地区。SSA:撒哈拉以南非洲地区。TAP:转型经济体和其他亚太地区国家。UCAN:美国、加拿大、澳大利亚和新西兰。Europe:欧洲。

在 SEA、SSA 以及南亚和东南亚地区 (SSWA), 相对于当前目标情景, 高目标政策措施降低了模式平衡指标。这是因为高目标政策推动了这些地区本就占比不均的步行、自行车和其他形式的微出行模式。

这些结果表明, 推动出行模式分配更加可持续的政策也可能导致出行过度集中于类似的出行模式类别中。基础设施干扰不太可能引发担忧, 因为与大型客车或轨道交通车辆相比, 这些出行模式相对灵活。然而, 主动出行和其他非主动微出行模式可能会受到恶劣天气的影响, 因此保持公共交通等便利的替代选项对交通系统的稳健性非常重要。

相对于当前目标情景, 高目标措施, 包括增加共享出行模式的可用性、改善主动和非主动微出行基础设施以及多功能土地开发, 减小了非官方客车交通在新兴经济体的作用。非官方客车相当灵活, 可以满足许多城市地区非常关键的市场需求。但这些的出行时间有时候并不稳定, 车辆也往往十分拥挤 (Sohail, Monunder 和 Cavill, 2006^[62])。

为一些出行提供更加轻型的共享和主动出行工具有望补充非官方客车网络, 并为中短途出行提供新的交通选项 (Loo 和 Siiba, 2019^[63])。例如, 2015 年, 马尼拉推出的公共自行车共享系统, 为大学生提供了一个备选方案, 替代非官方客车, 用户认为这个系统“可靠”“舒适”“方便” (Sharmeen, Ghosh 和 Mateo-Babiano, 2021^[65])。多功能土地开放方案让人们可以在家附近完成更广泛的活动, 增加主动出行模式的吸引力, 降低非官方巴士的出行模式占比 (Rahman 等, 2023)。

类别的选择是量化模式平衡时一个重要的考虑因素。不同的出行模式类别可以衡量对不同干扰类型的抵抗能力。例如, 本章使用的指标根据其应对基础设施干扰的能力进行分类: 轻型道路使用者 (如步行、摩托车和微出行)、重型道路车辆 (如汽车、出租汽车和客车)、轻型公共交通 [包括快速公交系统 (BRT) 和轻轨交通] 以及重型公共交通 (地铁和郊区铁路)。根据这一分类形成的指标可以衡量地区交通系统对基础设施相关干扰的抵抗能力。还有一种分类方式是根据所有权对出行模式进行分类 (例如共享、私人或公共出行模式)。按这一分类形成的指标有助于评估对资金来源受到干扰的抵抗力, 例如共享自行车私人运营商的失败或公共交通补贴中断。

5.3.4 近期生活方式的改变对可及性和宜居性产生了混合影响

新兴技术和社会趋势已经开始改变政府官员和学者对城市可及性的衡量方式。第一个新趋势是电子商务取代现场购物。从某种意义上说, 这减少了购物的出行时间, 从而提高了购物者的可及性, 但还是需要配送平台完成一次出行。因此, 电子商务对宜居性并不是单纯的无条件改善。尽管如此, 在适当的情况下, 电子商务平台还是可以有效地满足人们的需求, 同时减少总体出行。实施政策大力鼓励建设可持续、高效且安全的城市货运网络, 可确保货物投递不会增加城市温室气体排放或交通拥堵。

ITF 模型的模拟结果表明, 雄心勃勃的货运政策可以减少包裹投递产生的城市货运车辆公里数。本报告的结果显示, 运营商之间资产共享已经证实可以提高货运效率 (Vanovermeire 等, 2014^[66]), 与没有设定资产共享的基准情景相比, 可以减少 23% 城市包裹产生的车辆公里数。与设定仅支持送货上门的基准情景相比, 设立统一的包裹领取和投递地点 (也称“包裹寄存柜”) 可以减少 27% 的车辆公里数。虽然大型平台已经成功整合小型供应商的订单以提高运营效率, 但跨平台资产共享在实践中还未得到广泛应用 (Karam, Reinau 和 Østergaard, 2021^[67])。

在可行条件下, 将最后一英里的投递转向货运自行车可以减少 35% 的机动车辆公里数, 但因为非机动出行显著增加, 总体的车辆公里数还是增加了。货运自行车等非机动货运模式对城市安全、空气污染和空间消耗的影响比较小。因此, 它们相对于大型机动货运模式, 相当于改善了城市的宜居性。

第二个新趋势是新型冠状病毒疫情刺激了远程工作的增加。远程工作无须出行就可接触到某些形式的工作, 从这一点来看, 和电子商务非常相似。这种可及性的改善不需要改变交通系统或土地利用。然而, 采用远程工作并不一定总是能改善宜居性。许多远程工作者已经搬离市中心, 因为他们不再需要

每周5日的通勤(Ramani和Bloom,2021^[68])。郊区和农村地区的可持续出行选项较少,因此这些远程工作者使用汽车的频率和行程可能开始增加,从而增加了他们的碳足迹。

即便有些远程工作者继续选择可持续出行模式,在没有通勤束缚之后,每天的出行计划可能会导致其他日常活动衍生多次短途出行需求(Budnitz,Tranos和Chapman,2020^[69];Wöhner,2022^[70])。如果土地利用政策能够将这些活动安排在家附近,则可以减轻远程工作对宜居性的影响。改善城市可及性,满足远程工作者的日常出行需求,是规划者和政策决定者面临的一项新挑战,最近的一份ITF报告(2023^[71])针对如何适应这些新兴的出行趋势提出了具体的行动。

5.4 人人宜居:促进公平和包容的交通

交通政策通过对基础设施和运营的公共投资,帮助指导稀缺资源的分配。因为交通本质上是以地点为基础,所以资源分配的选择可能会令一些城市居民比其他人享受到更多的效益。社会公平,即在社会范围内公平且适当地分配成本和利益,是交通政策的重要组成部分。在宜居性和交通运输的背景下,“公平且适当”意味着每个社区都应该享有相似程度的活动可及性。这还意味着交通运输的负面外部影响应该由整个城市地区共同承担。分布广泛的便利设施可以让居民享受个人的蓬勃发展,同时创造社会凝聚力和社区归属感。

5.4.1 公平的交通政策可以解决以往的不公

公平是一个包含了许多不同概念的广义术语。交通公平的概念在规划和政策讨论中日益突出,但不公平政策遗留的长期影响至今仍然存在,例如环境负担高度集中。在美国,由于交通基础设施而承受不公平的环境伤害和风险的社区通常被称为“环境正义社区”,这种社区在全球范围内也越来越多(Correa,2022^[72])。

一些国家和地区已经采取了积极的措施减少此类社区的数量和范围,包括在指定区域优先建设新的可持续交通基础设施(Louis和Skinner,2021^[73])。以往的一些其他政策令有些社区,相比城市其他区域,承受了更多缺乏交通投资带来的影响(Amar和Teelucksingh,2015^[74])或新的交通基础设施建设造成的流离失所(Perry,2013^[75])。

交通公平的另一个重要方面是“纵向交通公平”,认为公平包括提供照顾,改善处境不利和服务不足群体的状况(Di Giommo和Shiftan,2017^[76])。纵向交通公平有很多维度。例如,收入方面的纵向交通公平涉及专项政策设计,如投资可负担出行模式或以收入为基础的公共交通票价补贴,旨在减少低收入出行者的交通成本负担(Rosenblum,2020^[77])。

种族和性别交通公平可以解决以往不公正的情况对某些群体不成比例的影响。交通运输并非没有性别差异(ITF,2019^[78])。虽然在需求和结果方面存在明显不等,但将性别差异纳入交通规划仍属相对罕见(Carvajal和Alam,2018^[79])。2022年,作为致力于性别平等的研究工作流程的一部分,ITF推出了“交通政策性别分析工具包”。该工具包为交通政策引入性别平等考量提供了资源(ITF,2022^[80])。站在种族平等的角度评估交通投资和政策也变得越来越普遍(Verlinghieri和Schwanen,2020^[81])。

5.4.2 交通负担能力是公平的一个重要组成部分

出行方式的相对可负担性是一个重要的公平考量因素。一些政策在降低出行综合费用的同时,也可以减轻低收入家庭的资金和时间负担,并为同等费用的出行提供更多机会。提高可负担性对宜居性也有类似的积极影响:为低收入家庭提高可及性可以体现收入方面的纵向交通公平。许多交通政策措施(例如道路收费和低收入票价折扣)直接影响可负担性。统一公共交通票务可以减少不同出行模式之间转换的时间成本(在某些情况下还包括票价),从而也可以影响可负担性。

ITF模型可估算不同出行模式平均一次出行的综合成本,其中包括出行时间和财务成本。财务成

本包括公共交通和共享出行模式的票价,以及私人出行模式的运营和维护成本,包括所有定价措施。将这些出行费用按照地区人均生产总值(GDP)归一化,评估不同出行模式的相对可负担性。

图 5.7 说明了到 2050 年,改善公共交通和共享出行模式整合度的政策措施对不同地区出行可负担性的影响。拓宽共享出行车辆的覆盖范围,增加“出行即服务”和“即用即付”出行模式的可用性,将对共享自行车和共享汽车的可负担性产生极大影响。增加可用车辆数量可以减少获得车辆服务的时间成本,从而提高可负担性。

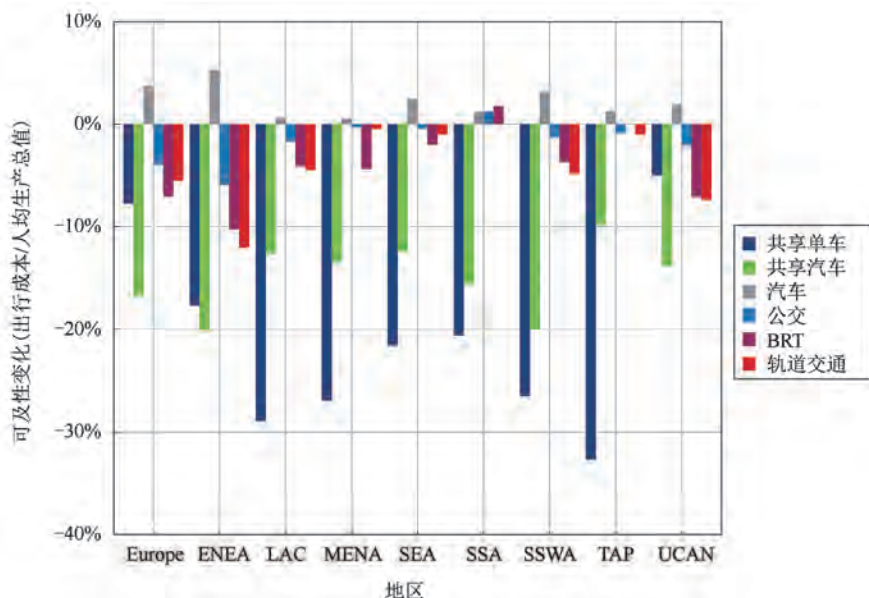


图 5.7 2050 年各地区和各出行模式的出行可负担性对公共交通和共享出行模式整合政策的敏感性

注:图中所示为 ITF 的模拟估算。出行可负担性就是用每次出行的平均成本除以每个地区的平均人均 GDP。分析敏感性的运营效率政策措施包括:①统一公共交通票务;②增加共享出行模式车辆的可用性;③增加出行即服务平台的可用性;④增加拼车的可用性。LAC:拉丁美洲和加勒比地区。MENA:中东和北非地区。SEA:东南亚地区。SSA:撒哈拉以南非洲地区。TAP:转型经济体和其他亚太地区国家。UCAN:美国、加拿大、澳大利亚和新西兰。Europe:欧洲。

与此同时,预计“出行即服务”等服务将增加对共享出行的需求,通过降低成本费用将运营效率传递给用户。正如第 3 章所讨论的,这取决于确定可行的商业模式。在拉丁美洲和加勒比地区(LAC)、MENA、SSWA 和 TAP 地区,共享自行车的出行成本下降了 25% 以上。几乎所有地区“出行即服务”的鼓励政策都有助于减少公共交通模式的出行成本。此外,由于对道路空间的竞争加剧,共享出行政策间接降低了私人机动车辆出行的可负担性。

公平也适用于对不同出行模式的投资分配。出行模式公平是交通公平必要但非充分条件(Pereira 和 Karner,2021^[82])。美国将近 90% 的交通基础设施投资都用于汽车基础设施(OECD,2022^[83])。但是,老年人、青少年、低收入家庭、残障人士和其他不驾驶出行的群体往往很少有自主出行的选项(Litman,2022^[84])。对汽车的依赖迫使那些倾向于替代出行模式的群体不得不拥有汽车或作出其他妥协。相比之下,一些欧洲国家将一半以上的交通预算投资于新的铁路基础设施(OECD,2022^[83]),其中包括城市客运铁路,这种出行模式每次出行的成本通常较低,且所有人都可使用。

各地区共享出行的模式占比各有不同,部分原因是新兴经济体城市中某些共享出行模式的可用性分布并不平均(Venter, Mahendra 和 Hidalgo,2019^[85])。因此,共享出行的可及性效益在各地区的分配并不公平。要鼓励出行模式公平,其中一种方法是在未来的街道维护和重建项目中融入多模式出行基础设施。马萨诸塞州剑桥市在 2019 年的《自行车安全条例》(剑桥市,2019^[86])中采用了这种方法,规定自行车道必须包括在街道重建计划中。

公平原则也适用于大都市、国家和地区的交通投资,这通常称为空间或地域公平。地域公平对于城

市交通尤其重要,正如本报告所强调,各地区在交通可用性、性能和暴露于负面外部影响方面存在巨大差异。

从图 5.7 中可以看出,运输政策在不同地区可以产生不同结果。例如,在官方公共交通网络覆盖广泛的地区,公交、BRT 和轨道交通等城市公共交通模式的可负担性改善幅度最大。如果官方公共交通系统有限,综合售票和鼓励以共享出行模式完成第 1km 和最后 1km 的政策产生的效益相对较少。

解决历史遗留的地区间公共交通投资不平衡问题,不仅可以改善交通系统整体的质量;还能令更多城市收获雄心勃勃的交通政策带来的可负担性和宜居性效益。欧盟的全欧交通网络就是地域公平应用于交通政策的一个例子,目标包括“减少成员国之间基础设施质量的差距”(Aparicio,2018^[87])。

5.4.3 包容性社会的交通运输

长久以来,残障人士被某些交通模式排除在外。物理障碍,包括前往搭乘公共交通路上的楼梯和维护不善的人行道,常常限制行动和视力障碍群体获得机遇。许多城市已经制定了政策改善公共交通的物理可及性。但要确保公共交通惠及更广的范围,还有许多需要努力的地方(Bezyak, Sabella 和 Gattis, 2017^[88])。

类似地,城市中的残障居民也无法使用微出行和许多共享出行的车辆。出台法规要求新型交通的运营商提供包容性或适配性车辆作为运营车辆的一部分,经验证,可在一定程度上可成功解决问题(LaRosa 和 Bucalo,2020)。此外,还需通过进一步的公共政策工作来改善包容性和适配性车辆在共享出行模式车辆中的分布。

老年人是交通选项受限的另一类弱势交通群体。无论是发达经济体还是新兴经济体,城市人口都呈老龄化趋势,预计未来几十年这一趋势将继续保持(OECD,2015^[89]; UNDESA,2022^[90])。城市需要适应老年居民的需求,提高宜居性。许多旨在为行动不便者改善宜居性的交通政策也同样能方便老年人,如移除物理障碍以及设计包容性出行平台。提供安静的公共空间,供人们在出行中坐下、休息和社交,也能改善可及性,为老年人提供更加轻松的出行(Yung, Conejos 和 Chan,2016^[91])。

5.5 城市空间以人为先:创建一个空间高效的交通系统

大多数城市对空间都存在很大的需求:住房、基础设施、商业活动以及城市区域特有的许多其他用途都需要空间。正如本章开篇对宜居性的定义所指,真正宜居的城市会为公共便利设施分配相当数量的可用空间。提高宜居性的便利设施包括城市公园、社区聚会场所和公共服务。Appleyard(1980^[92])表示,城市空间的微小变化也能通过提供更多的社交机遇改善宜居性。然而,城市发展一旦开始,再想收回土地建设公共便利设施往往十分困难或昂贵。

5.5.1 雄心勃勃的脱碳政策可以减少交通拥堵,限制交通运输消耗的空间

要评估交通政策造成的空间消耗,一种方法是量化交通使用的那部分城市道路容量(即道路占用率)。如果出行需求只需较低比例的道路空间,多余的车道就可以转换用途,用于改善宜居性。本报告的模型用街道交通量除以可用道路网络的容量,据此估算道路占用率。利用道路占用率作为街道空间使用情况的替代指标可能会忽略空间消耗的变化幅度,该指标并未考虑到大规模出行模式转变产生的街边停车需求的变化。

ENEA 是 2022 年交通拥堵最严重的地区之一,两种情景都预计到 2050 年该地区的道路使用率将大幅下降(图 5.8)。在当前目标情景下,由于城镇化程度不断上升,向更高效出行模式的转变幅度有限,MENA、SSWA 和 UCAN 地区的道路使用率将增长。在当前目标情景下,SSWA 将是拥堵最严重的地区,但在高目标情景下,该地区到 2050 年,也是拥堵水平下降幅度最大的地区。

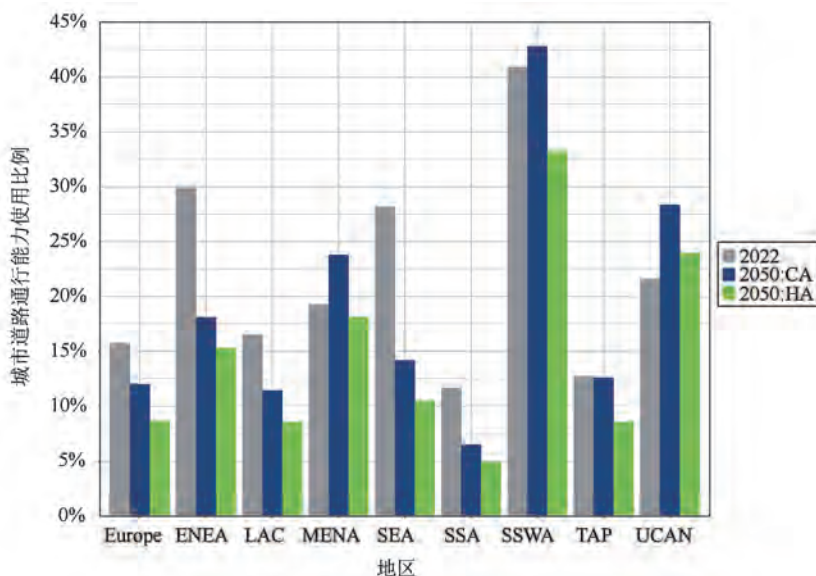


图 5.8 当前目标和高目标情景下 2050 年城市道路总容量的占用率与 2022 年的对比

注:图中所示为 ITF 的模拟估算。百分比代表与当前目标情景相比,高目标情景下道路容量的下降。当前目标(CA)和高目标(HA)指模拟的两种主要政策情景,代表运输脱碳的两种雄心水平。LAC:拉丁美洲和加勒比地区。MENA:中东和北非地区。SEA:东南亚地区。SSA:撒哈拉以南非洲地区。TAP:转型经济体和其他亚太地区国家。UCAN:美国、加拿大、澳大利亚和新西兰。Europe:欧洲。

到 2050 年,与当前目标情景相比,高目标情景设定的更具雄心的交通政策将大幅减少道路占用率。在 MENA 和 SSWA 地区,高目标政策足以抵消当前目标情景下加剧的道路拥堵,而且到 2050 年能令道路拥堵状况相对于 2022 年有所缓解。UCAN 是唯一一个到 2050 年在两种情景下拥堵都将更加严重的地区。

图 5.8 所示的百分比变化可能看起来很微小,但实际上交通所需的土地数量已经发生了重大转变。联合国人类住区规划署为城市街道用地比例提供了一个衡量标准(联合国人居署,2013^[93])。芝加哥和德里等大城市将土地总面积的 20% 以上用于街道(Meyer 和 Gómez-Ibáñez,1981^[94];Cervero,2013^[95])。即便在街道面积占比相对较低的城市,如达卡,高目标情景将道路占用率降低 9.6%,也能帮助城市空出超过 270×10^{42} 的土地用于其他用途,例如城市非常需要的绿色空间(Labib, Mohiuddin 和 Shakil, 2013^[96])。

减少交通运输的空间消耗主要有两种方式:①鼓励每次出行人均空间消耗较低的出行模式;②提高共享车辆的载客率。私人机动车辆是许多高收入城市的主要出行模式,但对于普通的单人出行而言,这也是最不节省空间的模式。以此说来,存在大幅降低空间消耗的潜力。大容量公共交通工具,包括公交、有轨电车和轨道交通,每次出行所需的空间比私人机动车辆少得多。

自行车和步行等主动出行模式虽然不太适合长途出行,但人均消耗的空间比普通私家车少得多。网约车和车辆共享平台,如果政策能够鼓励提高使用率,也可以减少相对于私人机动车辆的空间消耗和拥堵(Lazarus 等,2021^[97])。这些替代出行模式也能大幅减少在目的地的停车需求,为公共停车空间转作他用提供了可能。

ITF 最近开展的政策工作,旨在提高城市区域内的空间效率(ITF,2022^[98]),可以帮助我们更加容易地估算城市客运消耗的空间。图 5.9 显示,雄心勃勃的交通政策将影响 2050 年客运消耗的静态和动态空间。静态空间指标是对拥堵指标的补充,可用来估算不同出行模式选择和需求下车辆停放和存储所需的空间。动态空间指标则估算交通所消耗的空间。从图 5.9 可以看出,在高目标情景下,2050 年客运产生的静态和动态空间消耗都将降低。

大城市在空间利用上已经提高了效率。大城市的汽车保有量通常低于全国平均水平,人均街道面

积也比小城市更小。中小城市的公共交通网络往往没有那么密集,汽车的替代选项也比较少。因此,即便在高目标情景下这些城市会节省空间,但相较于大城市,仍然能够为乘客出行提供较多的人均街道空间。

对大多数地区而言,最大的空间节省来自路边停车位的减少。这类限制措施可以降低汽车和私人机动车辆在街道上的主导地位。在 UCAN 国家,即便是在高目标情景下,汽车仍将是未来城市交通结构中的核心部分(见第3章)。这就解释了为什么这些国家所有规模的城市中,客运消耗的城区空间下降水平都较低。

在欧洲或 UCAN 等地区的大型发达城市,共享出行可以通过提高载客系数和减少车辆停放时间减少客运的静态和动态空间消耗。在新兴地区,与单纯依靠建设公共交通基础设施相比,共享出行可以更快地推进类似公共交通的交通系统的发展。

提高车辆的平均载客率,以较少的车辆提供等量的出行,可以减少共享出行模式的空间消耗。鼓励出行模式相似的通勤者拼车(例如通过驾驶员-乘客数字化匹配平台)是提高私人机动车辆载客率的一种方式。网约车和巡游车的载客率也比较低,没有乘客时,它们要花费相当长的时间兜圈寻找乘客。载客率激励措施、按距离收费或其他监管措施可以帮助解决这些问题。

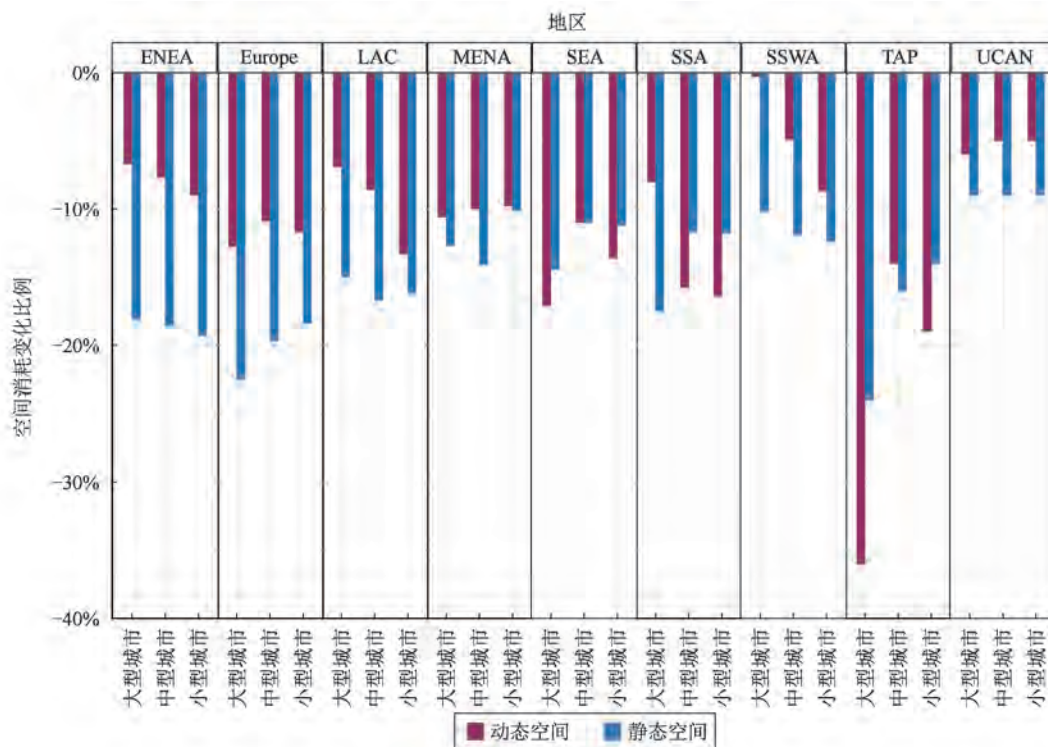


图 5.9 2050 年高目标情景下不同规模的城市中客运消耗的静态和动态城市空间相对于当前目标情景的百分比变化

注:图中所示为 ITF 的模拟估算。结果反映的是乘用车的动态和静态空间消耗,不包括货运车辆。有关空间消耗的详细计算方法,参见 ITF(2022^[98])。动态空间是指交通流所消耗的空间。静态空间是指某种客运模式消耗的固定空间(如停车位)。城市规模是指城市人口的规模:大城市:居民数量超过 500 万;中城市:居民数量在 100 万~500 万之间;小城市:居民不足 100 万。LAC:拉丁美洲和加勒比地区。MENA:中东和北非地区。SEA:东南亚地区。SSA:撒哈拉以南非洲地区。TAP:转型经济体和其他亚太地区国家。UCAN:美国、加拿大、澳大利亚和新西兰。

街道的空间需求并不局限于客运;城市货运对街道和路边空间的需求也非常庞大且还在不断增长。货运车辆通常体型庞大,且必须停放较长时间以便取货和送货,在城市区域占用相当大的道路空间。但目前一些很有前景的实验鼓励人们使用较小型的车辆,这些车辆可以很容易地穿梭于城市地区。阿姆斯特丹、波哥大和纽约等许多城市已经部署了电动货运自行车试点项目,负责“最后一公里”的货物配送。这些尝试在一定条件下提高了配送效率(ITF, 2022^[33])。案例框 5.3 将综合介绍与城市货运相关

的挑战以及若干可减少空间消耗的解决方案。

案例框 5.3 城市货运的“空间竞赛”

货运活动对城市街道空间的需求相当庞大且不断增长。预计到 2050 年,全球城市货运需求将翻一番,在许多城市地区的行驶车辆-公里总数中占比达到 15% 以上(ITF,2021^[10])。管理货运活动使用的车辆类型等措施可以减少货运车辆停放和移动所消耗的空间(图 5.10)。

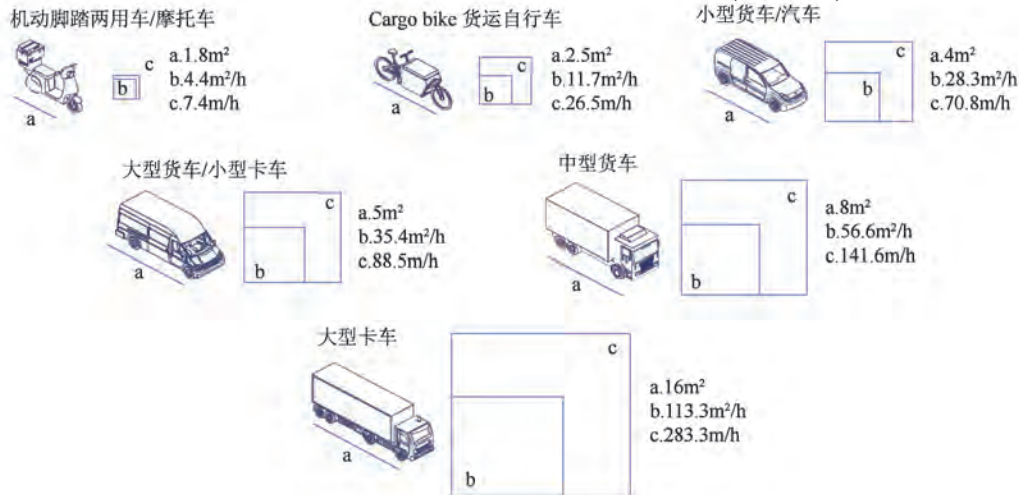


图 5.10 不同类型的货运车辆占用的静态和动态空间

注:图中所示尺寸为 a. 车辆长度、b. 动态空间消耗以及、c. 静态空间消耗。

来源:(ITF,2022)。

ITF 模拟了中等城市地区的交通运输活动,据此研究 20 多项旨在改善城市货运街道空间使用率的政策所产生的影响(ITF,2022^[33])。模拟结果显示,自愿的私人主导措施可以减少 11% 的货运出行。

相比之下,如果管理部门采取干预措施,激励城市货运提高空间利用率,空间消耗可以减少 30% 以上。公共行动对管理货运需求和配送时间至关重要,街道空间的动态分配对货运和客运流也至关重要。促进共享出行,整合部分货运和客运流,可以将空间效率再提升 16%。

为改善货运活动对城市空间的使用而采取的政策还可以产生可观的宜居性伴随效益。提高载货系数、增加更轻、更小型车辆的使用以及电气化可以减少超过 60% 的二氧化碳(CO₂)排放。氮氧化物(NO_x)、直径小于或等于 2.5μm 的细颗粒物(PM_{2.5})和二氧化硫(SO₂)的排放量将分别减少 78%、90% 和 100%。

这些政策还可以改善道路安全。在最具雄心的情景下,暴露于货运车辆与行人冲突的风险可以减少 40% 以上。暴露于货运车辆和自行车冲突的风险可以减少 60%。

本报告提出三项建议。第一,管理路边空间时,将客运和货运活动纳入考量,并为货运车辆,尤其是货运自行车等小型车辆,提供额外的路边空间。第二,在考虑到货运承运方需求的情况下,扩大对货运服务的准入限制。第三,公共管理部门应开发相关工具、能力、伙伴关系以及综合计划,监测并应对城市货运系统复杂而快速的发展。

5.5.2 交通空间的减少意味着公共设施空间的增加

要增加城市的便利设施,其中一个方法就是提高对现有交通基础设施的利用效率,释放出交通占用

的土地改换成其他用途。例如,在新型冠状病毒疫情期间,许多城市都将路边停车位转变为临时的餐厅座位(O’ Sullivan,2011^[100])。在这场公共卫生危机期间,这些微小的干预措施共同改善了城市居民的生活质量(Marks,2021^[101])。

空间用途转换还可以更广泛。自2002年以来,首尔市一共拆除了15条高架高速公路,转而建设公园和自行车道,并恢复了通往现有河流的通道。这些努力令一些地区的夏季气温降低了3℃以上,为居民带来了公共卫生效益(Mesmer,2014^[102])。同样,西班牙、哥伦比亚和美国也有高速公路拆除项目,通过减少空气和噪声污染、降低犯罪率以及提供通往新公共空间的通道,提升了城市地区的宜居性(ITDP,2012^[103];Khalaj等,2020^[104])。

持续的城镇化、气候变化的影响以及全球流行病的威胁令城市便利设施在未来越来越重要。正如首尔市的做法,城市绿地空间有助于减缓气候变化的影响,改善空气质量,同时为人们在日益变暖的环境中提供一丝凉爽。至于其他地方,一些城市正利用收复的城市空间建造防洪系统、雨水花园以及其他类似的气候变化适应措施(Kasprzyk等,2022^[105])。

在快速发展的城市地区,提供娱乐和社交机会的便利设施则更为重要,因为在那些城市里,房屋和公寓往往会更小。新型冠状病毒疫情的经验还表明,在全球传染病流行期间,在不允许室内集体运动的情况下,室外城市空间可以为身体活动提供一个安全的场所。

围绕重新构想城市空间开展的试点项目往往有助于获得公众支持。如果没有为公共用途重新分配空间的政治意愿,城市居民和参观者就无法体验空间节省所带来的宜居性效益。临时试点项目可以展示这些效益,并消除对街道用途改变可能产生不利影响的担忧。新型冠状病毒疫情期间,许多城市都暂时改变了街道用途,例如,墨西哥城的自行车道(ITDP,2021^[106])和巴黎新增的户外用餐(O’ Sullivan,2021^[100]),这些改变因为获得公众的广泛支持而成为永久性的改变。亚的斯亚贝巴市的定期“无车日”推动埃塞俄比亚各地重新设计社区规划(ITDP,2019^[107])。

5.6 政策建议

5.6.1 提供具有吸引力的私人机动车辆替代选项,鼓励转向可持续交通并减少污染

一项又一项的研究表明,速度管理、交通稳静化以及将行人、自行车用户和微出行用户与车辆交通物理隔开,是减少道路伤亡最有效方法之一。这显示出建设主动出行和公共交通专用基础设施的重要性,可以降低安全风险,鼓励转向污染更少的出行模式。

主动出行和非主动微出行用户认为,相较于在交通密集区域与车辆共享车道,专用基础设施更舒适且更安全,因此,主动出行和微出行模式更具吸引力。向这些更可持续出行模式的转型非常关键,可以限制所有城市居民暴露于有毒空气污染物的风险。

此外,还需要新政策与专用基础设施相辅相成。城市中,主动出行模式和微出行模式之间的冲突日益引人担忧,因此,建议建立一个稳固的监管与执法框架,确保落实微出行车辆的使用和管理责任。设立专门的货物装卸区,减少货运车辆与客运车辆之间的冲突,是另一项改善交通安全的有效政策工具。

广泛投资主动出行、轻型交通和公共交通的辅助基础设施,还能改善联通性,缩短出行时间。扩大公共交通网络,提高车站可及性,可以让整个城市地区的机遇向所有人开放,而不仅仅只是面向能够负担起私人机动车辆的群体。本章的模拟结果表明,即便落实雄心勃勃的交通政策,所有地区公共交通的行驶速度都无法与私人机动车辆匹敌。

政策制定者应努力在现有服务无法覆盖的地方提供新的公共交通服务,并改善交通网络的频次和运行时间。公交专用车道、公共交通信号优先以及优先车道等专用基础设施可以提高公交车在城市街道的行驶速度和可靠性。在非高峰时段,提高频次可以令公共交通成为轮班工作者和非通勤出行的可

行选项。在城镇化快速发展的地区,要避免城市周边群体陷入对汽车的依赖,积极发展公共交通基础设施至关重要。

非私家车用户群体需要有力的替代选项增加他们获得机遇的可能性。虽然到 2050 年,一些地区的汽车出行可负担性有望提高,但全球大部分人口仍然没有能力拥有私人机动车辆。提高公共交通、步行、骑行和其他形式的微出行等替代选项的性能和吸引力,可以令更多的机遇面向所有人开放,改善公平。

出行可负担性的模拟结果表明,扩大共享出行激励和统一公共交通票务等政策措施可以降低这些替代选项的出行成本。鼓励围绕可持续交通枢纽进行土地密集开发的土地利用政策是一项重要的补充政策,可以为不开车的群体提高机遇的可达性。

为低收入群体最大限度地降低出行成本是改善公平的另一种方式。为低收入家庭提供交通费折扣可以改善流动性,并为定期的医疗出行提供支持,否则,低收入家庭无法负担这些出行。公共交通周卡和月卡的前期费用往往使低收入乘客无法享受这些卡票的折扣。

最近,在伦敦、纽约和其他地方实施的票价上限可以消除这种价格不平等,让每个人都能根据自己的出行需求选择最优票价。对低收入家庭而言,共享出行的成本也可能过高。ITF 模型结果表明,在大多数地区,雄心勃勃的交通政策将提高共享出行的总体可负担性。然而,还需要有针对性的政策确保所有收入群体都能获得这些灵活出行模式提供的交通服务,这是确保未来公平可达性的必备条件。

5.6.2 在制定新的交通政策、投资和计划时考虑要公平影响

解决女性的特殊交通需求,特别是使用主动和共享出行模式时的安全和个人保障问题,对于为全社会创建宜居城市至关重要。新的运输政策、投资和方案的制订者应坦率对待性别问题。采取积极措施促进女性在运输行业的就业,是建设包容社会、改善决策过程代表性的关键步骤。ITF 的交通性别工具包提供了一份交互式清单和资源,用于评估交通项目的性别包容性。

在改善可达性方面,增加机会密度可以作为提高交通性能的补充。决策者和规划者应促进在整个城市地区广泛分配机遇,限制长途出行的需求,并改善服务不足的社区的可达性。有些区域城市便利设施和社会服务稀缺,要解决这些区域缺乏可达性的问题,可以通过有针对性的分区和公共基础设施投资刺激投资。新的开发项目应结合 15min 城市和 TOD 的规划原则,确保在城市发展的同时,扩大就业和社会便利设施的可达性。

优先在资金不足或负担过重的社区进行可持续交通投资,可帮助解决历史遗留的不公平问题。在地方一级推进本章涉及的其他主题(即健康与安全、可达性和城市空间)在地域上的公平分配,应成为未来交通政策的首要优先事项。

公平包括对电气化进行针对性投资、减轻低收入社区承受的不成比例的空气污染,并为运营商提供共享出行激励措施、在几乎没有其他出行选项的社区提供可用车辆。这些措施还可以提高共享出行模式的可负担性,为所有收入水平的城市居民提高机遇的可达性。

努力减少空气污染和噪声污染的社区,尤其是在低收入和中等收入国家,对改善公平和生活质量至关重要。

在评估新的公共政策和基础设施投资时,应衡量其可达性效益。高目标情景中包含的许多城市政策措施都是针对在地方一级实施而设计的。在规划过程中,每个城市区域都将面临各种设计决定和权衡。将公平的可达性作为一项明确的政策目标,可确保决策过程中包含宜居性考量。

最后,虽然机遇的可达性很难用货币价值来表现,但全面衡量可达性效益指标的研究日益增长。此外,还应评估以已完成项目的绩效,以确定进一步投资的机遇并改进未来的估算。

5.6.3 城市设计应以人为中心,而不是以车为中心,提高所有道路使用者的安全性

步行、微出行和共享出行模式在道路行驶和车辆停放时所占空间要少得多。鼓励转向空间高效的

交通模式有助于确保更多城市土地可用于其他用途。提高共享出行模式的载客率可以更少的行驶车辆公里数满足相同的需求,因此也可以节省空间。世界各地的城市可以将乘用车的静态空间消耗减少数十万平方米,创造机会建设新的绿色空间和其他可改善宜居性的社区便利设施。

空间消耗并不局限于客运。城市环境中的物流配送网络需要各种不同的城市货运车辆。在许多城市地区,大型货运车辆在狭窄、繁忙的街道上配送货物,给其他道路使用者带来了安全隐患。预计到2050年,货运车辆还将产生相当大一部分的城市污染排放。

电动货运自行车和其他小型车辆的试验应该在全球其它城市复制和推广,从而了解当地的挑战和机遇。准入限制、抵消资本成本的补贴和更好的充电基础设施,可以激励货运转向轻型电动车辆,并由此产生相关的安全、空间节省和空气质量效益。

推广更轻、更小型的乘用车也能产生交通安全效益。政府应考虑通过激励措施和监管法规鼓励使用更轻的车辆,万一发生交通事故,所有道路使用者都相对更安全。监管者应效仿欧洲,将保护行人和自行车用户纳入车辆安全要求。这些考量在未来尤为重要,因为电动汽车通常比同等大小的ICE汽车更重。

政策制定者和规划者在规划城市地区时,应该全面考虑私人机动车辆以外的其他替代出行模式。车辆共享和拼车平台有助于提升可及性,因为它们可以提供便利、成本较低的替代方案,并提供途径前往公共交通服务较差的地区。正如出行模式平衡结果所示,共享出行还提供了多种出行模式选项,可以增强城市地区交通系统对抗干扰的能力。

然而,如果没有适当的监管,共享出行的利用率可能会比较低,并有可能加剧交通拥堵。按里程收费或者对载客率提出监管要求可能会激励更多人使用共享交通。大力支持拼车和共享交通等政策措施有助于实现高目标情景下减少空间消耗的结果。

交通事故的严重程度随着车速的增加而增加,但单靠限速并不总是能成功令驾驶员改变行为。建议采取交通稳静化措施,包括缩窄行驶车道,必要时增加弯道并抬高人行道,可以降低行驶速度,保护最弱势的道路使用者。与专用基础设施一样,交通稳静化措施也可以提高可持续出行模式的安全性,推动出行模式转变。

5.6.4 针对减少污染物排放设定雄心勃勃的目标并采取行动实现目标

城市管理部门可以在密度较高的城市地区设置低排放区(LEZ),直接管控城市的排放。在高目标情景下,雄心勃勃的LEZ是相对减少污染物的核心政策措施之一。从亚洲和欧洲各地的示例可以看出,如果设计得当,LEZ是减少交通空气污染物排放最有效的办法之一。

转向零排放公共交通也可直接改善空气质量。雄心勃勃的车辆措施可以有效地减少污染物。然而,预计到2050年,巴士仍将是BC、NO_x、PM_{2.5}和SO₂等有毒空气污染物的重要来源。要转向零排放车辆,必须对车辆和基础设施进行大量投资。

国际发展组织和外国援助组织应考虑为新兴经济体的零排放公交车分配资金,确保在更广范围内共享污染物减少的效益。电动公交车是一种零排放车辆,但运营里程有限。为此,可能需要调整公共交通的路线和时刻表。政策制定者应努力学习其他公共交通机构的经验,顺利转向电动公交车。

第6章 投资未来：交通运输脱碳的经济影响

本章将介绍当前目标和高目标情景下预估的交通基础设施投资需求,概述不同交通模式投资的概况差异,探讨为支持高目标政策布设电动车辆充电网络相关的潜在投资需求,最后分析电气化对燃料税收收入的相应影响。

摘要

可持续交通系统的核心基础设施投资需求可能更低。

交通运输与医疗、能源和水利等其他基本服务和网络之间存在投资竞争。所有行业的脱碳讨论都时常集中于向零排放过渡的资金或融资需求上。如果遇到资金紧张的情况,将近零碳情景的投资需求与一切照旧的基础设施投资方式相对比,可以为支持重要的战略决策和确定优先事项提供重要证据。

以交通运输为例,比较当前目标和“壮志雄心”情景下的投资需求可以发现,大力推动交通运输脱碳实际上并不会产生更多的支出。在雄心勃勃的政策下,公路、铁路、机场和港口的核心基础设施总资金投资需求比一切照旧低5%。

“决定并提供”方式是雄心勃勃的投资政策的一种。这种方法不是根据预测的需求提供基础设施(“预测并提供”),而是以愿景为主导,投资基础设施,以期实现特定的公共政策目标。在运输脱碳的背景下,这意味着投资公共交通基础设施和政策,转向载客率或载货系数更高的交通模式以及更紧凑的城市。这种方式有可能帮助各国政府在全球范围内节省4万亿美元的道路维护和投资支出(但不包括气候适应方面的投资)。

虽然如此,运输脱碳需要对辅助基础设施进行大量投资。例如,充电站网络对于车辆的电气化至关重要。在高目标情景下,该充电基础设施网络需要的额外投资约相当于2019—2050年期间全球国内生产总值的0.4%。

运输脱碳也会对燃料税收收入产生影响。随着内燃机的效率越来越高,电动汽车在乘用车总量中的占比越来越大,这一收入来源在许多国家已经开始减少。在高目标情景下,随着零排放车辆的普及越来越快,这一收入的下降速度也会加快。因此,很多政府将失去收入,也无法再将汽车燃料消耗税作为行为政策措施。

所以,燃料税制度需要改革。按距离收费为政策制定者提供了一个更有力的杠杆,鼓励人们选择可持续出行模式。此外,在内燃机车辆退出之前继续保留燃料税有助于逐步淘汰污染车辆。话虽如此,政策制定者还是需要谨慎设计定价机制,避免不平等持续存在。

制定运输脱碳的政策时,必须考虑到可用预算和相互竞争的优先事项。此外,现在进行的基础设施投资将影响未来的交通选项、机遇获取和社区建设。正如ITF 2022峰会所强调的,未来的交通基础设施会和其他基本服务和公用事业(如公共卫生)竞争可用的预算资源。这一点对于新兴经济体尤为关切,因为所有领域都在同一时间蓬勃发展(Cunha Linke, 2022^[1])。

本章确定了在从当前目标情景过渡到高目标情景的过程中基础设施投资和税收收入中最有可能受

到影响的要素。未来基础设施投资的可用资金也至关重要。车辆脱碳将减少基于燃料消耗和二氧化碳(CO₂)排放征收的车辆税收收入(包括购置税、所有权税和使用税)。在当前目标和高目标两种情景下都是如此。

世界各地的车辆征税方式各有不同;一些税收制度比其它制度更容易受到车辆变化的影响。在高目标情景下,所有地区都将齐心协力缩短行程长度,减少机动(或至少是私人机动)模式的使用。在这一背景下,有必要提前规划未来的税收改革。

6.1 投资清洁交通运输:脱碳会产生更多的开支吗?

在本报告描述的高目标情景下,公共交通模式将收获更多投资。然而,任何有关投资清洁交通的讨论都应在分析一切照旧方式下所需的基础设施网络投资。

本节将介绍当前目标和高目标情景下所需的基础设施投资。本节将根据预测需求和现有及未来基础设施网络的相关维护成本,分析核心固定基础设施的建设规模差异。

请注意,文段中的估算不包括新的替代燃料在港口和机场额外建设基础设施的成本。为提高应对未来气候变化影响的韧性而对交通基础设施进行适应性建设,由此产生的潜在成本也不包含在估算内。

6.1.1 基础设施需求因国家和地区而异

有关基础设施投资的全面数据很难获得。投资和规划决定由各级政府和各个部门作出,意味着大多数时候并没有一个统一的办公室负责整理和处理这些信息(Fay等,2019^[2])。此外,有关私人资产和维护的数据不属于公共领域。而且,由于缺乏不同运输模式单位里程运行数据,因此很难估算未来的支出。

尽管如此,还是有一些数据来源能够为交通基础设施的总体平均支出提供一些深入分析(案例框6.1)。图6.1是2010年和2020年向ITF汇报的有关内陆基础设施支出的投资数据。世界银行也对基础设施支出进行了全面评估(Rosenberg和Fay,2018^[3];Foster,Rana和Gorgulu,2022^[4];Fay等,2019^[2]),同时也承认编制准确和详细的基础设施支出数据确实存在难度。

案例框 6.1 两种政策情景下的基础设施成本估算

本章讨论的当前目标和高目标情景下的基础设施成本计算来源于国家报告数据、单个项目以及案例研究。大多数交通网络投资数据来自OECD数据库(OECD,日期不详^[6])。城市交通模式的数据,包括快速公交和轻轨交通项目,来自交通与发展研究所(ITDP,日期不详^[7])。本报告对城市特定项目进行了评估并细分至每单位,作为公共交通系统欠发达国家的替代指标。

对于机场而言,近期基础设施项目的成本信息可以反映出总投资以及客运、货运模式占比。航空中心分析了全球主要航空公司的项目,获取了相应的时间表、资金来源(CAPA,日期不详^[8])。港口成本估算来自联合国拉丁美洲和加勒比经济委员会、政府机构和地区新闻服务机构(CAAR,2022^[9];能源、资本和电力投资平台,2022^[10];UNECLAC,2012^[11];Liang,2019^[12])。此外,对城市道路系统也进行了类似的分析,使用的数据来自国家经济机构和亚洲基础设施投资银行。

英国政府和欧洲自行车联合会收集了来自自行车道计划的成本数据,作为计算自行车道相关基础设施成本的基础(Taylor和Hiblin,2017^[13];ECF,2021^[14])。与汽车流通和购买相关的税率来自国际清洁交通委员会(Chen,Yang和Wappelhorst,2022^[15])、国际经合组织以及学术研究(OECD,日期不详^[16];Zahedi和Cremades,2012^[17];普华永道,2019^[18])公布的报告。

数据的总体可用性各不相同,一些特定类别的基础设施数值分布广泛,而其他类型的基础设施数据还算始终如一。对于数据缺失的国家,先计算出经济和地理条件相似国家的投资成本,然后通过地区指标代表这些国家。投资的数值范围取决于现有基础设施的水平、当前和潜在投资的规模、人口和地理构成以及经济发展。对于有些类型的投资(例如管道和水路),目前可获得的数据有限。

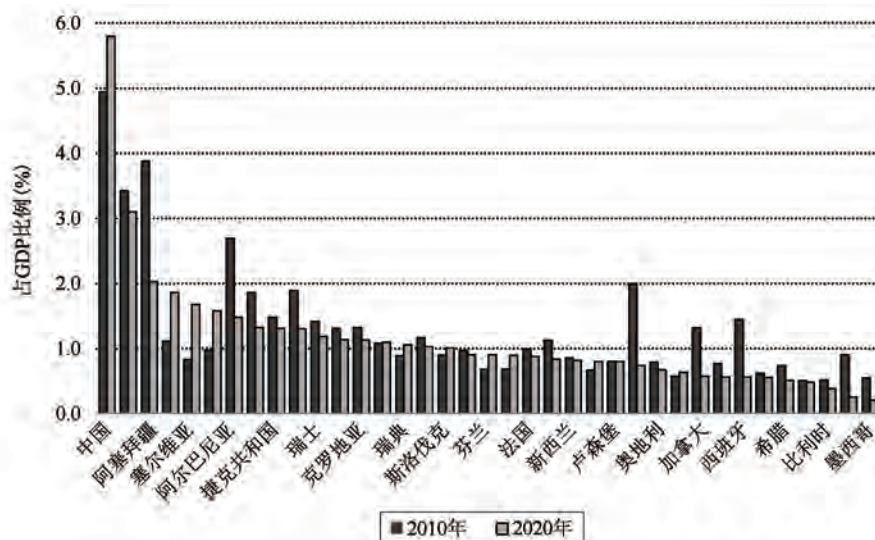


图 6.1 2010 和 2020 年内陆国家交通基础设施投资

资料来源:ITF(2022)。

基础设施需求因地区和国家而异。例如,低收入和中收入国家可能需要铺平现有道路,而新兴地区则需加强与经济增长相关的互联互通。除此之外,全球的投资决策正转向更可持续的交通模式。基础设施发展对于实现可持续发展目标(SDG)以及新兴经济体的经济增长至关重要(OECD,2018)。

一般来说,发达国家在基础设施方面的支出较少,因为它们已经建立了良好的基础设施网络,但这可能意味着它们对基础设施支出不足(OECD/ITF,2013^[19])。牛津经济研究院对全球交通基础设施投资需求的评估(2017^[20])预测,2016—2040年,交通(公路、铁路、机场和港口)的投资需求约占全球GDP的1.9%。发达经济体的需求低于新兴经济体。然而,以欧洲和美国为例,当前支出水平与未来需求之间的差距仍然分别占到国内生产总值(GDP)的0.3%和0.6%(牛津经济研究院,2017^[20])。

低收入国家的基础设施存量水平较低,总体可用预算也较低,意味着基本的基础设施投资往往会消耗较高比例的可用资金。即便如此,一些预测认为目前的投资支出率,特别是道路支出率,低于所需水平(Foster,Rana和Gorgulu,2022^[4])。Rozenberg和Fay(2018^[3])预测,根据投资的不同交通模式,2015—2030年,低收入和中收入国家的年度基础设施投资需求将占到GDP的0.9~3.3%。美洲开发银行预测,到2030年,拉丁美洲和加勒比地区(LAC)需要将GDP的1.4%用于道路、公共交通和机场的资本投资(Brichetti等,2021^[21])。

根据世界银行的数据,新兴经济体80%以上的基础设施投资来自公共部门,或直接来自政府,或来自专门设立的公共部门机构(世界银行,2017^[23])。这一趋势镜像在气候融资的供应上国际。经合组织报告称,在每年为新兴经济体脱碳筹集1000亿美元的承诺中,82%的融资来自包括多边开发银行在内的公共来源(OECD,2022^[24])。私营部门在中高收入地区的参与度可能比较高,而在非洲则几乎见不到私营部门的参与(OECD,2018^[5])。

各种交通模式的公共和私营区分也很明显。私营投资在新兴经济体中公路、机场和港口的发展投资中占据很大比例。而长途铁路项目往往能吸引多边开发银行或国有企业的资金。例如,中国国有企业在“一带一路”倡议的框架下为非洲提供资金。除了政府本身需要采取的行动以外,在新兴经济体为

私营投资交通运输创建更加“有利的环境”已经成为发展伙伴助力地区发展的方式之一(OECD, 2018^[5])。然而,考虑到大多数基础设施的年限,必须得妥善管理基础设施的私营投资,避免政府陷入不利的安排(ITF, 2018^[25])。新兴经济体如何最好地实现这一点,仍需进一步开展研究。

6.1.2 高目标情景下核心基础设施的投资需求较低

全球范围内,与当前目标情景相比,在高目标情景下核心技术设施所需的投资少了 5.2%,主要是因为道路基础设施所需的投资总额减少。虽然高目标情景下其他交通模式的投资需求在增长,但即便累积相加,这些投资需求也远不及道路支出的规模。

由此可以看出将需求管理和出行模式转变措施(见第 3 章)与技术 and 能源转型措施(第 4 章)相结合的重要性。综合采用这些措施,可以减少私人机动车辆的车辆公里数和相关的道路容量需求,并加速转向载客率更高的交通模式和距离更短的城市出行。

图 6.2 是交通基础设施运营和资本投资的区域细目。GDP 占比代表 2019—2050 年期间交通基础设施的平均支出。大多数地区的成本都集中于 21 世纪 20 年代,这一时期投资需求的 GDP 占比在两种情景下都比较高。平均而言,大多数地区高目标情景下投资需求在 GDP 中的占比比当前目标情景降低大约 0.1%。中东和北非(MENA)地区例外,预计该地区大约低 0.2%,而转型经济体和其他亚太地区国家(TAP)的降低幅度占 GDP 的比例接近于零。

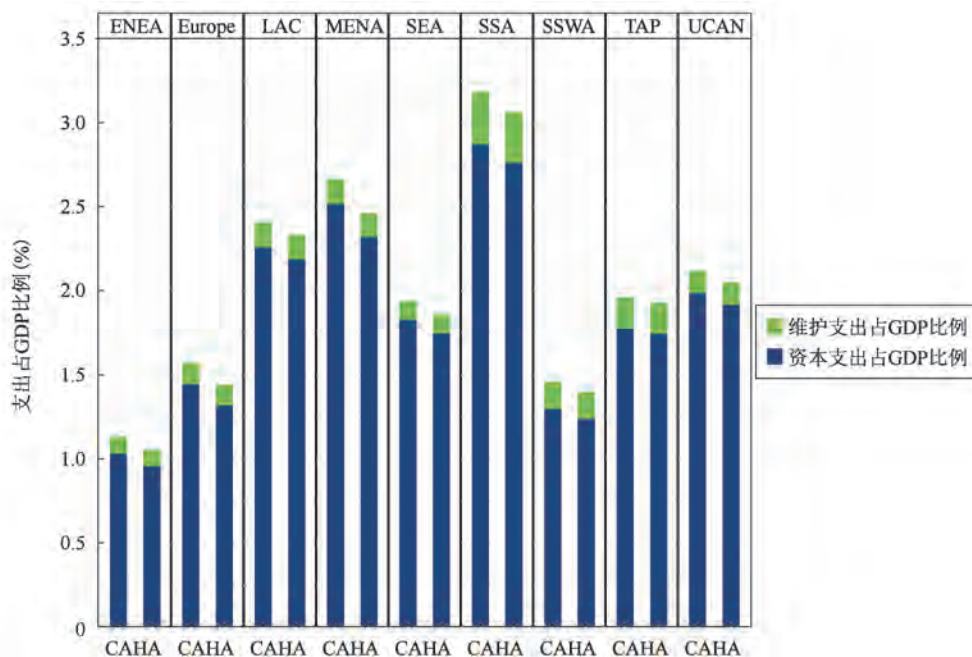


图 6.2 2019—2050 年期间当前目标和高目标情景下核心基础设施投资占国内生产总值的平均比例

注:图中所示为 ITF 的模拟估算。当前目标(CA)和高目标(HA)指模拟的两种主要政策情景,代表运输脱碳的两种雄心水平。

ENEA:东亚和东北亚地区。LAC:拉丁美洲和加勒比地区。MENA:中东和北非地区。SEA:东南亚地区。SSA:撒哈拉以南非洲地区。SSWA:南亚和西南亚地区。TAP:转型经济体和其他亚太地区国家。UCAN:美国、加拿大、澳大利亚和新西兰。Europe:欧洲。

来源:GDP 数据是 ITF 根据经合组织 ENV-Linkages 模型得出的估算值, <http://www.oecd.org/environment/indicators-modelling-outlooks/modelling.htm>。

本报告中给出的估算考虑的是不同交通模式为满足预测需求所需的新基础设施和资产在两种政策情景下可能产生的差异。它还考虑到现有和新建核心基础设施预计的维护费用。在本报告中,重型基础设施包括主动出行基础设施、机场、客车、快速公交系统(BRT)、城际铁路、轻轨交通和地铁(城市轨道交通)、港口、公路和水路等。

6.2 “决定并提供”:基础设施规划和投资的新方式

最近几年的 ITF 系列报告一直建议政府采用“决定并提供”的方式建设基础设施 (ITF, 2021^[26]; ITF, 2023^[27])。这种方式旨在规划未来所需的可持续交通系统,而不是提供基础设施应对现有与预测的交通需求 (Lyons 等, 日期不详^[28])。如果继续根据现有需求模式的预测增长建设基础设施 (“预测并提供”方式), 只会延续以汽车为主导的规划所产生的问题, 其中包括环境成本以及对可及性和公平性的负面影响。

决策者也可能迫于压力, 根据短期收益或政治周期作出有关交通基础设施的决定。这种压力可能会令决策者作出脱节的选择, 影响运输系统数十年 (Rosenberg 和 Fay, 2018^[3])。除了环境效益以外, “决定并提供”的方式以目标愿景为指导, 而不是在当前运输模式的预测下亦步亦趋, 即便是在充满不确定性的时期, 也可以为有效的政策决定提供积极支持 (ITF, 2021^[26]; ITF, 2023^[27])。

在同一成本基础上对当前目标和高目标情景的评估表明, 两种情景下总成本之间有非常小的差异。然而, 这一结果设定的是各国政策从 21 世纪 20 年代开始实施高目标情景包含的措施 (见第 2 章)。也就是说, 交通规划者必须现在就决定未来想要的可持续交通系统, 然后根据需要的交通模式作出与战略一致的投资决定, 建设相关基础设施。

O’ Broin 和 Guivarch (2017)^[29] 发现, 相较于放任碳密集型交通模式的发展而引进碳定价机制, 限制这类交通模式的能力发展可以产生更大的减排效果。限制这类交通模式的发展对 GDP 的不利影响也比较小, 并且可以避免建设过剩产能产生的二氧化碳 (CO₂) 排放 (O’ Broin 和 Guivarch, 2017^[29])。

6.2.1 基础设施投资概况: 资金将流向何处?

在全球范围内, 道路投资在当前目标情景下占基础设施投资的比例最大 (图 6.3), 在高目标情景下也是如此。未来 30 年, 即便是在高目标情景下, 道路基础设施的维护成本和全球资本投资总支出仍将超过 60 万亿美元。铁路在当前目标和高目标情景下都将在投资中占据第二大份额。

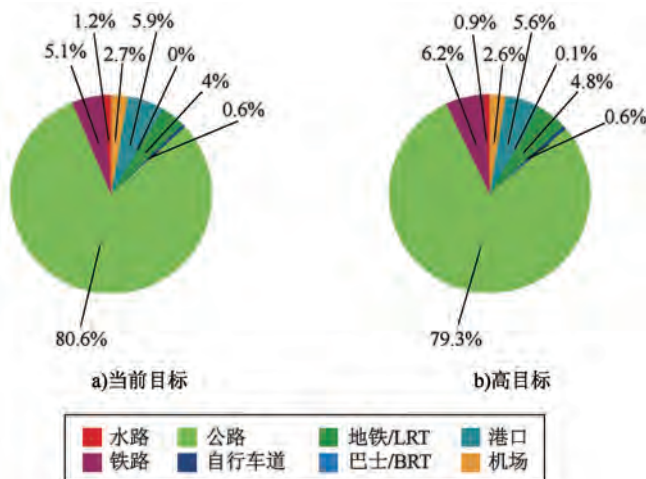


图 6.3 预测到 2050 年当前目标和高目标情景下的投资情况

注: 图中所示为 ITF 的模拟估算。当前目标和高目标指模拟的两种主

要政策情景, 代表运输脱碳的两种雄心水平。

考虑到基础设施的规划周期和使用年限比较长, 当下作出的基础设施投资决定将影响未来的可用选项, 可能会增加私人机动车辆的使用 (Fisch-Romito 和 Guivarch, 2019^[30]), 尤其是面对不断增长的需求作出的短期决定。必须指出一点, 文中的投资差异仅指在两种政策路径下, 为满足不同交通模式的预测需求所进行的投资。这些数字并不包括为改善互联互通 (而非满足需求) 而修建或维护铁路线、公路

或其他设施所进行的投资。

“决定并提供”方式是按照对未来交通系统的愿景制定长期交通运输战略,而不是根据需求预测作出反应。这种方式展望高目标情景下交通模式占比和需求的未来发展,为基础设施投资决定提供支持。新的投资可能需要各地区改变传统的交通模式等级和长期以来的交通规划优先事项。按照这一方式制定的长期战略可以确保所有投资决定都为同一目标而努力,为有效的投资决定提供支持。

高目标情景下不同交通模式的客运和货运需求随着时间的变化表明,投资需求可能也需要相应地作出变化(图 6.4)。例如,高目标情景下道路投资在投资支出中的占比比在当前目标情景下降了 6.5%。这相当于在 2020—2050 年期间,由于在高目标情景下公路交通模式需求降低,避免了超过 4 万亿美元的投资。

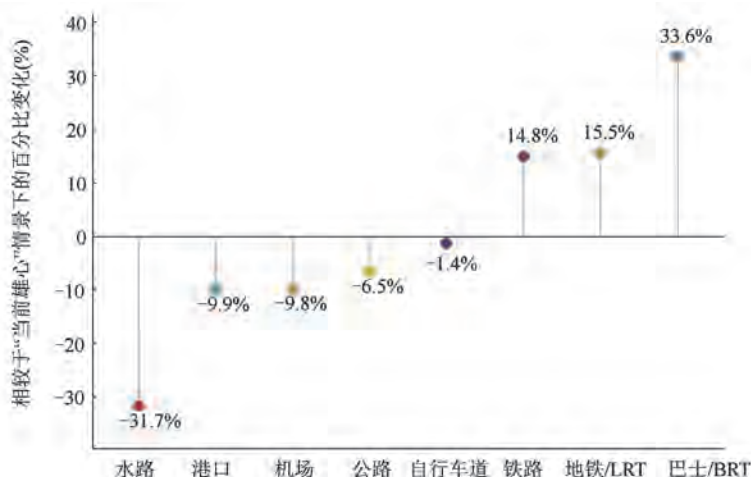


图 6.4 高目标情景相对于当前目标情景下基础设施的投资差异

注:图中所示为 ITF 的模拟估算。当前目标和高目标指模拟的两种主要政策情景,代表运输脱碳的两种雄心水平。

这种减少来自多方面的原因。在货运方面,大容量车辆、高昂的成本和商品类型的变化(特别是化石燃料的减少),促使 2050 年高目标情景下货物周转量减少,道路车辆公里数减少。在客运方面,主要得益于车辆和出行模式的载客率变得更高,特别是公交和轨道交通模式,以及主动出行模式越来越普及。本章将 BRT 投资归类为独立于道路基础设施的另一种基础设施类型。然而,城市道路还是需要投资,为公交和共享车辆提供支持。

在高目标情景下,对公交专用车道和快速公交线路,包括地铁和轻轨快速交通在内的城市轨道和城际铁路的投资力度更大,因为预计对这些出行模式的需求将增加。公交和 BRT 的变化幅度最大,预计到 2050 年,投资将增加 33.6% (104 亿美元)。至于铁路部门,预计所有类型的轨道投资总额将超过 1 万亿美元。城市和非城市轨道模式的投资都将增加,增长幅度分别达到 15.5% 和 14.8% 左右。

高目标情景下,自行车道的投资支出减少似乎不符合常理。实际上,这是因为情景设定城市密度增加,相应地减少了城市扩张。城市规模减小,意味着虽然高目标情景下越来越多的人选择骑车出行,但城市出行距离和所需的基础设施里程都将减少。在该情景下,由于自行车比其他类型的车辆轻得多,因此骑行的旅客周转量造成的磨损维护成本也会低于其他出行模式。

高目标情景下机场的投资需求比当前目标情景减少 9.8%。这是因为客运和货运需求双双下降。高目标情景下航空货运的下降反映出碳定价的增长。这也是由于运输商品类型的变化和贸易区域化的加强,支持了陆地交通模式。

这些预测只代表满足需求所需的投资。它们不包括为支持向替代燃料的转变或减少机场活动产生的排放而对机场进行的投资。但预测表明,如果能从长远角度出发进行规划,机场进一步扩大相应的维护费用可以抵消一些投资。

港口投资在当前目标情景下将下降 9.9%。这一下降源于效率的提高,包括更多的资产共享和运

输的减少。此外,还反映出某些大宗商品交易量的变化。随着化石燃料需求减少,与化石燃料开采和分配相关的运输活动也将减少。然而,与机场投资一样,港口投资的减少并不包括用于替代燃料的新基础设施或港口升级和数字化所需的投资。

化石燃料需求量的下降也将减少河流运输的货物周转量,这也会相应地影响到满足水路需求所需的投资。这些估算省去了一个关键成本,即基础设施适应气候变化的韧性。案例框 6.2 概述了围绕港口适应气候变化韧性的内容。

案例框 6.2 脱碳和气候变化对港口基础设施的风险

脱碳的雄心规模是港口基础设施长期规划中的关键信息,主要有三个原因。第一,脱碳程度将决定未来海上贸易的数量和构成,进而影响到哪些地方需要新的港口基础设施以及需要什么类型的货运枢纽等决策。第二,脱碳及后续对气候变化严重性的影响将决定港口面临的物理气候风险。这些风险对现有基础设施和为应对未来需求而新建的所有基础设施都非常重要。第三,海运脱碳将决定基础设施的规划,特别是燃料补给设施和充电基础设施。

2022 年,ITF 和牛津大学的研究人员在一项联合研究中探讨了上文所述脱碳和港口基础设施规划的前两个联系。研究人员构建了 14 个贸易情景,并将其输入港口规划和成本模型,模拟到 2050 年为满足贸易需求所需的码头面积和投资。研究人员模拟了三种脱碳情景下港口基础设施面临的物理气候风险。

研究表明,脱碳将为社会带来相当大的效益。更注重可持续性的情景降低了未来的贸易需求,减少了潜在的投资缺口,特别是在发展中经济体。例如,在最可持续情景下,投资需求仅为不太可持续情景的 40%。

此外,更强大的脱碳还可以减缓物理气候风险的增加。其中一个脱碳情景设定到 2100 年,全球气温上升大约 2°C,未来气候风险增加 74%。而如果情景设定到 2100 年,气温上升大约 5°C,则风险增加 118%。如果考虑到未来的贸易需求(意味着更多的新建基础设施可能面临风险),差异将进一步扩大。在更可持续情景下,气候风险将增加 155%~190%,而在不可持续情景下,同一风险将增加 270%~470%。

因此,脱碳程度给未来港口扩建的长期规划带来了不确定性。贸易情景的不确定性指的是新码头容量过剩或不足,而气候变化情景方面的不确定性指的是码头设计过剩或不足。

一些港口(例如日本、北美地区和西欧地区的港口)在规划上对未来气候变化的不确定性更为敏感。另一些港口(包括智利、墨西哥湾和地中海的港口)则对未来的贸易情景更为敏感。一些地区(特别是印度、东南亚和撒哈拉以南非洲的部分地区),同时面临这两种规划不确定性,对新投资造成了财务风险。

结果表明,基础设施规划者必须在基础设施的长期规划中考虑脱碳带来的不确定性。规划必须留有灵活的空间,以便在未来情景发生变化时作出相应的改变。但规划也必须稳健,确保规划决定在不同情景下都可以正常地执行。例如,鹿特丹港每年都会根据新的信息调整马斯莱可迪 2 号项目的总体规划,还可以将原本为集装箱设计的码头,改造用于处理其他类型的货物。

6.2.2 各地区优先投资的交通模式各不相同

虽然当前目标和高目标情景下总体的投资规模相似(图 6.6),在不同情景和地区之间对各种运输模式的投资变化显著。在客运方面,这些差异往往反映出一种新的交通规划方式——即将私人机动车辆从规划等级的顶端移除。然而,所有地区的道路建设在当前目标和高目标情景下都依然占据最高比例的投资。

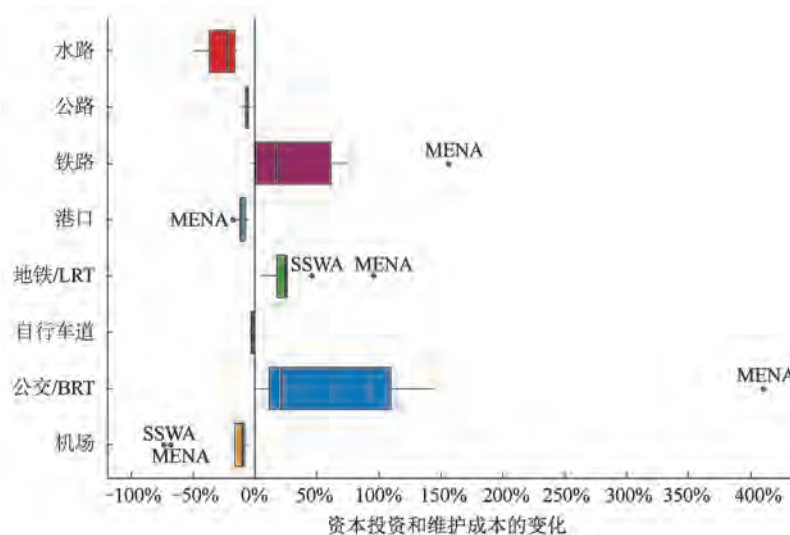


图 6.6 高目标情景下各地区资本投资和维护成本相对于当前目标情景下的变化

注：图中所示为 ITF 的模拟估算。当前目标和高目标指模拟的两种主要政策情景，代表运输脱碳的两种雄心水平。ENEA：东亚和东北亚地区。LAC：拉丁美洲和加勒比地区。MENA：中东和北非地区。SEA：东南亚地区。SSA：撒哈拉以南非洲地区。SSWA：南亚和西南亚地区。TAP：转型经济体和其他亚太地区国家。UCAN：美国、加拿大、澳大利亚和新西兰。箱形图可以在一张图表上展示五数综合。方框显示数据的中间位置（即四分位数范围）。方框两端显示第一（25%）和第三（75%）四分位数的极限。方框中的垂直线代表中位数。超过四分位数范围（方框大小）1.5 倍的所有数值定义为异常值，绘制为点，并做上标记。

就货运而言，互联互通依然是经济增长的关键，对相关运输模式投资的减少受到商品组合变化和交通模式转变的双重影响。发达经济体优先考虑的变化是让人们改变出行的出行模式选项。同时，在城市和人口快速发展的地区，采取的战略应该是优先规划可持续交通，防止对汽车形成依赖。

所有地区高目标情景下对城市公共交通的预计投资都高于当前目标情景（图 6.7）。一些地区最显著的变化表现在公交或 BRT 的投资上。美国、加拿大、澳大利亚和新西兰（UCAN）以及 TAP 国家对公交和 BRT 的投资将翻一番以上，撒哈拉以南非洲（SSA）的投资接近翻一番，MENA 的投资将增长 400% 以上。

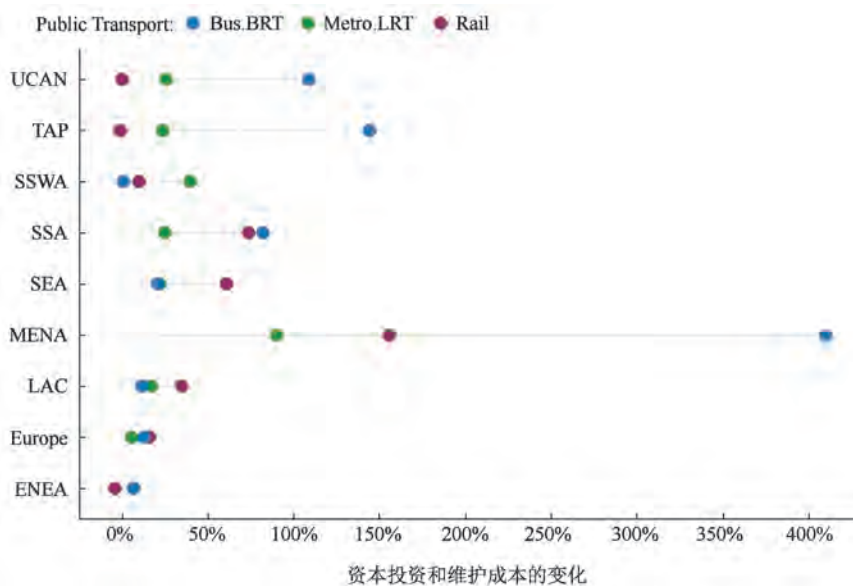


图 6.7 高目标情景下各地区对公共交通模式的投资需求相较于当前目标情景的变化

注：图中所示为 ITF 的模拟估算。当前目标和高目标指模拟的两种主要政策情景，代表运输脱碳的两种雄心水平。ENEA：东亚和东北亚地区。LAC：拉丁美洲和加勒比地区。MENA：中东和北非地区。SEA：东南亚地区。SSA：撒哈拉以南非洲地区。SSWA：南亚和西南亚。TAP：转型经济体和其他亚太地区国家。UCAN：美国、加拿大、澳大利亚和新西兰。Europe：欧洲。

地铁和 LRT 的投资在高目标情景下也将大幅增长。在拉丁美洲和加勒比地区 (LAC)、东南亚地区 (SEA) 以及 SSA, 地铁和 LRT 分别增长 17.2%、22.1% 和 24.7%。南亚和西南亚地区 (SSWA) 的城市轨道投资在高目标情景下将增长 39.7%。在 MENA, 高目标情景下城市轨道交通的投资相较于当前目标情景将增长 89%。在东亚和东北亚地区 (ENEAS), 高目标情景下唯一出现投资增长的交通类别是地铁和 LRT 以及公交和 BRT。

城市公共交通投资的高速增长, 特别是在 MENA 和 SSA, 反映出高目标情景设定的可持续城市交通政策有助于构建可持续宜居城市 (见第 5 章)。随着地区人口城镇化, 要避免城市扩张和对汽车的依赖, 这类投资非常重要 (Stucki, 2015^[32]; ICA 等, 2016^[33])。在 SEA, 预计投资还将促进更可持续的城市人口增长。

这些地区的城市已经是世界上拥堵最严重的地方 (ITF, 2022^[34]; ITF, 2022^[35])。高目标情景下对城市公共交通的投资将有助于提升现有人口的可达性, 并随着城市人口增长, 培养人们的可持续出行习惯 (ITF, 2022^[35]; ITF, 2022^[34])。

在 LAC 地区, 虽然现有公共交通的可达性尚可, 但在一些城市, 这些服务的吸引力可能因为“频次、安全性和可靠性”不佳而受到影响 (Brichetti 等, 2021^[21])。LAC 的公共交通出行时间比发达经济体的类似出行更慢, 故还需投资改善公共交通出行时间。LAC 的交通基础设施投资对于实现 SDG 也至关重要, 尤其是 SDG9 (产业、创新和基础设施) 和 SDG11 (可持续城市和社区) (Brichetti 等, 2021^[21])。

在 UCAN 地区, 高目标情景下 BRT 的投资将增长 109%, 反映出人们对公交类交通模式的需求越来越高。这也反映出基础设施投资的增加, 也就是说, 除了投资正常交通中的公交服务外, 还增加了对公交专用车道和 BRT 服务的投资。要确保公交类交通模式的可靠性和相对于私人机动车辆的吸引力, 这类投资必不可少。

对于不断蔓延、密度较低的城市而言, 这些交通模式比轨道更灵活。蔓延城市的投资更侧重于为私人机动车辆提供可持续替代出行模式, 这些替代出行模式经过改造也可适用于发展成熟、密度较低的城市, 而这些城市并不适合采用地铁。增加对地铁的投资也表明, 在人口密度较高的地方需要用吸引人的、高频率的选择来支持可持续出行。

在每个地区, 城市以外的道路建设获得的资金数额都最高。在 LAC、SSWA 和 TAP 国家, 非城市铁路在当前目标情景下的投资规模仅次于公路, 位居第二。在高目标情景下, 这一投资在 LAC 和 SSWA 将进一步增长, 而在 TAP 国家则略有下降。在 SSA, 铁路也是第二大资本投资目标。在 LAC 和 SSWA, 铁路投资分别增长 35% 和 10%。在 SSA, 高目标情景下城际铁路投资比当前目标情景高出 74%, MENA 的城市铁路投资增长超过 156%。

在新兴地区, 改善联通性是经济要务, 基础设施网络投资是优先事项 (OECD, 2018^[5])。除了城市公共交通, 还需投资公路和铁路联通, 实现运输活动的脱碳 (Rosenberg 和 Fay, 2018^[3])。非洲因为缺乏高质量的交通基础设施, 阻碍了工业化和潜在竞争力的发展 (ADB, 2018^[36])。

联合国亚洲及太平洋经济社会委员会已经将该地区的运输系统确定为发展的一部分 (ESCAP, 日期不详^[37]), 强调了对货运公路、铁路以及内陆港的投资。亚洲次区域将受益于“泛亚公路”和铁路网络的计划投资, 提高连接数量和现有连接的质量 (ESCAP, 2021^[38])。跨境便利化和双边、多边贸易协定对促进亚洲的互联互通至关重要。类似车辆燃料效率标准 (ITF, 2022^[35]; ITF, 2022^[34]; ITF, 2022^[39]) 的协定还能为减缓货运增长的措施提供支持。

欧洲也有意发展高速轨道交通。欧盟委员会在《可持续与智能交通战略》中提出目标, 到 2030 年将高速铁路的使用率翻一番, 到 2035 年增长为 3 倍 (EC, 2020^[40])。欧洲铁路公司最近委托的一项研究调查了制定“连接所有欧盟首都和主要城市”的高速铁路总规划的可能性 (Ernst 和 Young, 2023^[41])。

研究预测, 该网络需要大约 5500 亿欧元。这一数字与本报告高目标情景下欧洲对非城市铁路的投资大致相同 (但后者包括所有铁路投资, 不仅仅是客运铁路)。该研究预测, 其投资的净社会效益大约

为 7500 亿欧元,说明投资将产生正回报(Ernst 和 Young,2023^[41])。欧盟委员会的《可持续与智能交通战略》还提出目标,到 2035 年将铁路货运量翻一番(EC,2020^[40])。

6.3 电动汽车充电桩:运输脱碳必不可少的新网络

与以往的基础设施网络投资不同,在《ITF 交通运输展望 2023》探讨的两种情景下,电动汽车(EV)充电桩都将占据相当大比例的基础设施投资。这是因为在两种情景下,EV 都将在减少公路运输排放方面发挥重要作用。在当前目标和高目标情景下,EV 充电网络的投资分别约占基础设施总投资的 9.8% 和 19%。

关键是,这些估算没有考虑到过去几十年建造加油站的历史成本。因此,报告无法比较以内燃机(ICE)车辆为基础的现有系统与以 EV 为基础的等效系统在构建所需辅助基础设施网络上的成本差异。

本节假设未来的清洁车辆以电动汽车为主,文中分析以本报告编撰时专家的意见为基础。然而,即便未来的车辆将使用其他替代燃料,对辅助基础设施的投资仍然是必需的。

6.3.1 在继续建设客运车辆燃料补充基础设施的同时,必须加速重型车辆燃料补充基础设施网络建设

根据地区不同,在高目标情景下,与安装 EV 充电网络相关的投资需求占 GDP 的比例比当前目标情景下的投资需求高 0.1% ~ 0.3% (图 6.8)。在 LAC、SEA 和 SSA 地区,高目标情景下的投资需求占 GDP 的比例比当前目标情景高 0.3%。

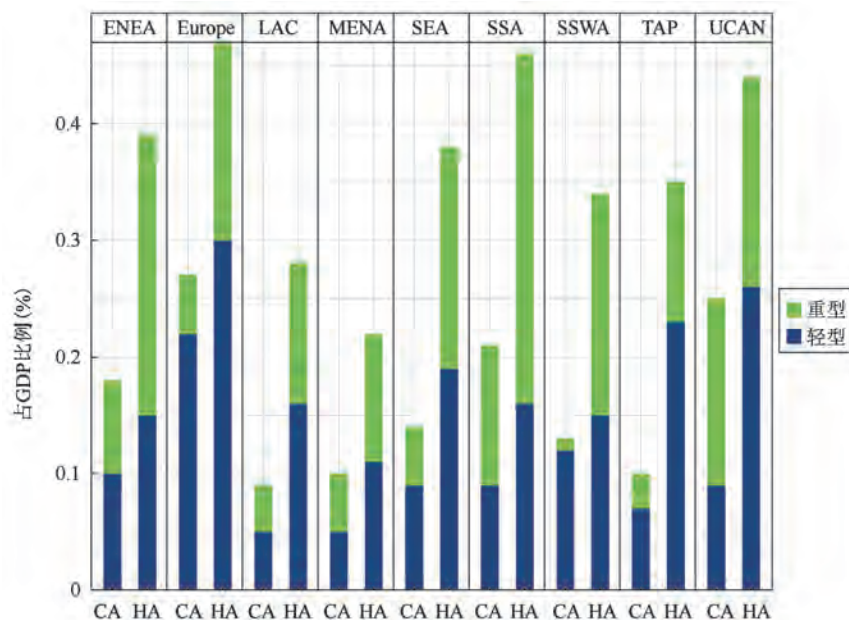


图 6.8 2019—2050 年各地区电动车充电桩的投资需求占国内生产总值的比例

注:图中所示为 ITF 的模拟估算。当前目标(CA)和高目标(HA)指模拟的两种主要政策情景,代表运输脱碳的两种雄心水平。ENEAN:东亚和东北亚地区。LAC:拉丁美洲和加勒比地区。MENA:中东和北非地区。SEA:东南亚地区。SSA:撒哈拉以南非洲地区。SSWA:南亚和西南亚地区。TAP:转型经济体和其他亚太地区国家。UCAN:美国、加拿大、澳大利亚和新西兰。Europe:欧洲。

在估算 EV 充电桩的基础设施成本时,一定要考虑到不同的功率水平。普通家用和公共充电器使用交流电(AC),功率范围在 3.7 ~ 22kW 之间。这些充电设施为电动乘用车充电需要 4 ~ 10h,为插电式混合动力电动车辆(PHEV)充电需要 1 ~ 2 个 h。越来越多的公共充电站部署了 50 ~ 60kW 的直流(DC)快速充电桩为乘用车充电(例如在高速公路上)。这些充电桩只需 20 ~ 60min 就能为电动汽车快

速充满电 (US DoT, 2022^[42])。

货车等重型车辆需要的动力蓄电池容量比乘用车大得多,但又要求必须在相似的时间段内充满电。因此,重型车辆还需要功率更大的充电桩。例如,欧盟的《替代燃料基础设施指令》对欧洲主要道路网络上的 HDV 充电基础设施设置了必须遵守的要求,要求充电桩最低功率要求为 350kW (EC, 2021^[43])。目前还在开发 1MW 充电系统的技术标准 (Charin, 日期不详^[44])。

充电桩的估算成本存在很大差异。家用和工作场所的充电桩对电网容量和材料的要求比较低,成本有时低至 2000 美元。相反,50kW 直流电快速充电桩的成本约为 5 万美元 (Hecht, Figgner 和 Sauer, 2022^[45]), 350kW 快速充电桩的成本可能超过 20 万美元 (Basma, Saboori 和 Rodriguez, 2021^[46]), 因为这些充电桩的设备更昂贵, 电网连接成本更高。针对本报告, ITF 内部模型增加了特别开发的模块, 评估基础设施成本。公共 EV 充电基础设施的成本根据不同地区预测的 EV 需求、为此所需的充电桩数量以及充电桩的功率容量进行估算。

新兴经济体的 HDV (包括重型货车和客车) 在当前目标和高目标情景下的差异尤其显著。在当前目标情景下, 这些地区预计到 21 世纪 40 年代末才开始采用零排放公路货运车辆, 而在高目标情景下, 从 21 世纪 30 年代就开始发展零排放公路货运。在高收入地区, 当前的私人机动车辆拥有率较高, 向电动汽车的转型已经开始推进, 预计对乘用车充电网络的投资会更大。

在考虑新兴地区的雄心规模时, 应考虑到核心基础设施 (图 6.2) 和实现可持续发展目标的投资需求已经相当高。例如, 世界上大约有 7.7 亿人无法获得电力, 其中四分之三生活在 SSA (IEA, 日期不详^[47])。国际能源署预测, 到 2030 年, 改善电网的成本每年将达到 350 亿美元, 这是安装 EV 充电桩之外的成本。

2018 年, 经合组织预测, 考虑到公路、铁路、机场和港口等核心基础设施, 到 2030 年实现可持续发展目标的资金缺口为 4.4 亿美元。在这一背景下, 不禁令人担忧实现高目标情景的时间表。如果要落实雄心勃勃的时间表, 还需要探索发展中地区推广配套基础设施网络最可行的模式。

6.3.2 发展电动车辆充电网络的政策方法各不相同

EV 充电基础设施的铺设是增加零排放车辆 (ZEV) 数量的潜在弱点。为鼓励和支持充电设施的铺设, 需要建设公共 EV 充电网络, 但广泛的住宅和工作场所充电网络也至关重要。世界各地的司法管辖区采取了不同的政策方法来扩大 EV 充电网络, 通常会将不同的政策措施相结合。某些情况下, 公共部门会直接投资安装充电设施, 建设充电网络, 提供信心, 展现领导力。

一些国家利用税收抵免或补贴刺激来支持私营实体和个人安装充电桩, 或提供高质量商业充电服务。管理法规也为新开发项目安装 EV 充电桩设定了必须遵守的目标和最低标准, 或设定了电动汽车充电要求, 简化未来的安装 (ITF, 2021^[48]; IEA, 2022^[49])。至于 HDV, 需要更加重视对场站充电的推广 (ITF, 2022^[50])。

美国联邦政府设定了到 2030 年安装 50 万个公共充电桩的目标。美国运输部 (DoT) 通过联邦公路署 (FHWA) 为扩展 EV 充电桩网络提供直接的国家资助和拨款 (US DoT FHWA, 2022^[51]; US DoT FHWA, 2022^[52])。《两党基础设施建设法案》为这一目标提供了 75 亿美元的预算。FHWA 也鼓励美国各州引入私人资金, “(DoT 的) 许多项目都供不应求, EV 充电基础设施要与许多其它类型的项目竞争” (US DoT FHWA, 2022^[52])。美国政府还提供税收抵免计划, 鼓励私营投资“低收入和非城市”地区的充电基础设施 (CleanEnergy.gov, 2022^[53]; US DoE, 日期不详^[54])。

在欧洲, 欧盟正在制定法规, 推进 EV 充电网络。欧盟就扩大充电网络向各政府提出必须遵守的目标, 到 2030 年安装 30 万个充电桩 (EPRS, 2022^[55]; EPRS, 2021^[56]; IEA, 2022^[49])。欧盟还在修订有关建筑法规的指令, 要求一些建筑物安装最低数量的充电基础设施, 并要求其他建筑做好可为电动汽车充电的准备。在欧盟范围内, 已经为全欧交通网络 (TEN-T) 提供了 15 亿欧元, 但使用范围包括 EV 充电桩和氢燃料补给两方面。一些欧盟成员国也选择直接从欧盟获得资金支持网络布设 (IEA, 2022^[49])。

英国正在部署一系列激励措施,推进家庭和公共充电基础设施的建设。EV 充电站拨款最高可以承担家庭充电基础设施 75% 的安装成本。房东、业主和租户都有资格申请补助(英国零排放车辆办公室,日期不详^[57])。此外,英国政府也为地方管理部门提供资金,为插电式混合动力电动汽车安装路边公共充电桩。2022 年,9 个地方管理部门发起了 EV 充电桩安装试点项目,安装了 1000 多个充电桩。项目涉及公私合作,共提供了大约 2000 万英镑的投资,其中政府提供 1000 万英镑,私营部门提供 900 万英镑,地方公共管理部门提供 190 万英镑(英国竞争和市场管理局,2021^[58])。

中国也将直接资助建设网络与补贴相结合,鼓励安装 EV 充电桩。补贴可以用于成本,也可以用于运营成本。和美国一样,中国也特别关注农村的充电网络。此外,中国还在试验电池交换计划(IEA,2022^[49])。

如果确定了可行的商业模式,商业供应商也有潜力提供 EV 充电基础设施和服务。一些石油公司正尝试进入充电市场,力图确保业务与时俱进,这一点尤为关切。虽然如此,预计私营 EV 充电解决方案的普及仍将对这些公司产生负面影响(彭博新能源财经,2022^[59])。

6.4 燃料税:通过改革避免资金短缺

许多国家,包括大部分 OECD 成员国,都对车辆的购置、拥有和使用征税。虽然这些税收的规模各不相同,但都是政府重要的收入来源。车辆税已经成为影响消费者和出行行为的政策措施(OECD,2022^[60])。其中一个重要元素就是对内燃机车辆使用的汽油或柴油征收的燃料消费税。

在大多数国家,燃料税都是交通运输收入的最大来源(ITF,2022^[61])。与其他单一税相比,燃料税遵循“用户付费”原则,将使用汽车的外部成本内部化,可说是相当公平的税种(ITF,2018^[62])。消费税通常也包括环境税。例如,在奥地利和哥伦比亚,对于含有一定比例的替代生物燃料的燃料,税率是不同的(OECD,2022^[60])。

然而,由于电动在汽车总量中的占比越来越高,以及内燃机车辆燃料效率标准越来越高,燃料税收入已经呈下滑趋势(ITF,2022^[61])。例如,英国政府预测,当前的政策路径和税收制度“到 2040 年可能导致政府的汽车税收收入为零”(英国财政部,2021^[63])。若是想通过其他税种抵消燃油税的损失,可能需要提高税率,这在政治上很困难。在英国,预计需要将增值税(VAT)提升 4%(Lord 和 Palmou,2021^[64])才能弥补燃油税的收入损失。

在本报告探讨的两种情景下,燃料税都将继续呈下滑趋势(图 6.9)。但在高目标情景下,收入的下降速度会更快,因为这条发展路径包含更具雄心的新车销售目标。

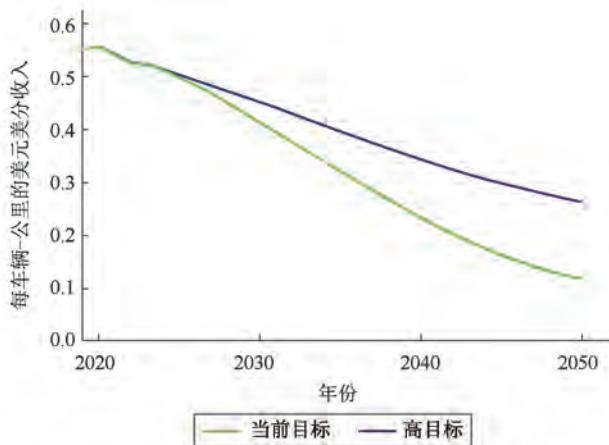


图 6.9 当前目标和高目标情景下全球的燃料税收入

注:图中所示为 ITF 根据经合组织和德国国际合作机构(GIZ)的数据得出的燃料税税率计算出的模拟估算值。当前目标和高目标指模拟的两种主要政策情景,代表运输脱碳的两种雄心水平。

来源:OECD(2022)^[60],GIZ(2021)^[65]以及 OECD(日期不详)^[16]。

随着 ZEV 在车辆中的占比不断提升,缺乏燃料税替代方案引发了公平问题。在目前的情况下,如果没有专门针对 ZEV 购买者的收费,或者没有某种形式的道路使用收费,EV 拥有者就不会为使用的基础设施付出维护成本。在最近的 ITF 圆桌会议(ITF,2022^[61])上,与会者讨论了政府寻求车辆税改革可用的各种政策选择。本小节的分析在这些讨论的背景下探讨当前目标和高目标情景的结果。

6.4.1 各地区征收车辆税的方法千差万别

图 6.10 给出了当前目标和高目标情景下世界各地区的车辆税收总水平(涉及对车辆购置、拥有和使用的征税)。图中对比了这些地区每车辆-公里的车辆税,并根据 ITF 的估算计算出大致的车辆规模。由于欧洲的车辆税率比较高,因此其他报告地区都是以欧洲为基准。本次分析对燃料税的比较利用到国际经合组织的消费税数据库(OECD,2022^[60])、德国国际合作机构(GIZ)为可持续城市交通项目发布的报告(GIZ,2021^[65])以及经合组织 2019 年关于优质无铅汽油税收的数据(OECD,日期不详^[16])。

根据 ITF 的估算,2019 年,按车辆规模标准化计算,欧洲从车辆拥有和使用中获得的税收总额最多(图 6.10)。如果这些国家的税收制度继续保持现状,到 2050 年,对车辆拥有和使用征收的税收在当前目标情景下将减少近一半,在高目标情景下将减少三分之二以上。这些结果假设欧洲国家不对 ZEV 按相同税率征收额外费用。2019 年,除 ENEA 以外,所有地区的税基车辆几乎都是传统的 ICE 车辆(图 6.11)。

高目标情景设定的 ZEV 推广率比当前目标情景更快,也即意味着产生燃料税收入的 ICE 车辆在车辆中的比例会更低。2019 年,LAC 和 SSA 地区的国家征收的车辆使用税总额分别位居第二和第三。UCAN 国家的税率最低,每辆车的税收收入约为欧洲同一税种的 12%。值得注意的是,区域一级的估算数可能会掩盖国家之间的巨大差异。

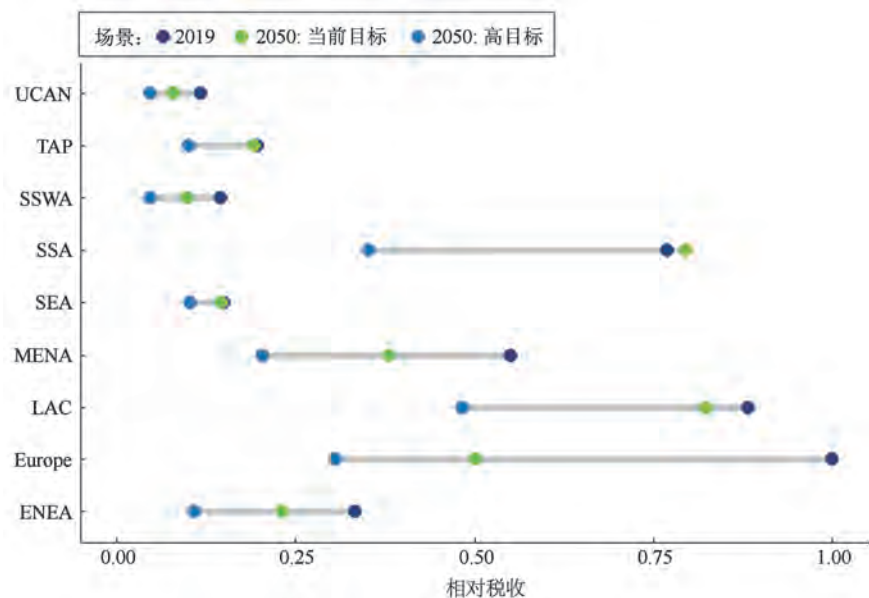


图 6.10 2019—2050 年当前目标和高目标情景下私家车车辆税的相对变化

注:比较按车辆规模归一化。车辆包括两轮和三轮车、乘用车、客车、轻型商用车(LCV)、货车和公路牵引车。图中所示为 ITF 根据内部模型模拟的估算和车辆变化。当前目标和高目标指模拟的两种主要政策情景,代表运输脱碳的两种雄心水平。ENEA:东亚和东北亚地区。LAC:拉丁美洲和加勒比地区。MENA:中东和北非地区。SEA:东南亚地区。SSA:撒哈拉以南非洲地区。SSWA:南亚和西南亚地区。TAP:转型经济体和其他亚太地区国家。UCAN:美国、加拿大、澳大利亚和新西兰。欧洲的车辆税率最高,所以其他报告地区都是以欧洲为基准。

资料来源:税率估算来自 OECD(2022)^[60]、GIZ(2021)^[65]、OECD(日期不详)^[16]、Zahedi 和 Cremades(2012)^[17]、PWC(2019)^[18]和 Chen 等(2022)^[15]提供的数据。

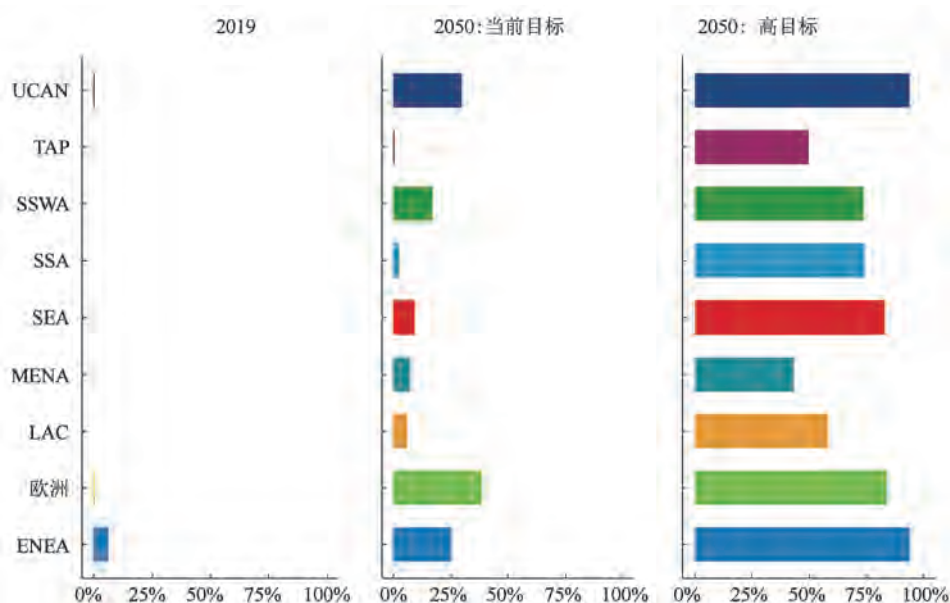


图 6.11 各地区车辆中零排放车辆的占比

注:图中所示为 ITF 的模拟估算。车辆包括两轮和三轮车、乘用车、客车、轻型商用车、货车和公路牵引车。当前目标和高目标指模拟的两种主要政策情景,代表运输脱碳的两种雄心水平。ENEAL:东亚和东北亚地区。LAC:拉丁美洲和加勒比地区。MENA:中东和北非地区。SEA:东南亚地区。SSA:撒哈拉以南非洲地区。SSWA:南亚和西南亚地区。TAP:转型经济体和其他亚太地区国家。UCAN:美国、加拿大、澳大利亚和新西兰。

在当前目标情景下,到 2050 年,一些地区的车辆税收将大幅下降。SEA、SSA 和 TAP 地区则例外。这一结果主要反映出运输需求的预期增长以及脱碳速度的放缓。相比之下,在高目标情景下,到 2050 年,每个地区的车辆使用税收入都将减少。

相对于人均 GDP,新兴经济体的车辆税收收入也可能高于高收入国家(Benitez, 2021^[66]),意味着新兴国家的国家预算更依赖于燃料税收收入(ITF, 2022^[61])。这一点在高目标情景下尤为关切,因为 ZEV(尤其是 EV)的部署速率更快,公共交通获得的投资更多,减少了燃料税的税基。

6.4.2 政府需要将税收改革纳入脱碳战略

为避免未来几年税收收入可能出现短缺,必须采取战略性方式(OECD/ITF, 2019^[67])。在高目标情景下,低排放和零排放车辆加速普及,政府应对税基变化的时间更少。在体型较大、重量较重的车辆(例如,运动型多功能车)占主导地位的市场,如果没有尽早实施转型管理战略,可能会面临更明显的税收下降(ITF, 2021^[48])。

此外,如果没有额外的税收,车辆使用的边际成本随着时间而下降,可能会导致私人机动车辆使用的持续增长。这样会增加私人机动车辆相对于公共交通和主动出行模式的成本竞争力,影响交通模式转变目标的实现,而交通模式转变是可持续交通政策的核心。

图 6.12 预估了 2019—2050 年当前目标和高目标情景下车辆拥有和使用税收的变化。除燃料税以外,图中还显示出由于增值税或销售税(涉及汽车购买和使用的各个方面,在两种情景下平均达到同一占比)、特别的一次性购置税(不包括增值税或销售税)和定期税(如年度道路税或月度机动车辆税)而导致的收入比例相对变化。

从全球税收的细分可以看出,燃料税以及车辆拥有和使用的定期税占相关税收的大部分。燃料税可以包括消费税(即对商品的生产与销售征税)和碳税要素(OECD, 2022^[60]; Van Dender, 2019^[68]; OECD/ITF, 2019^[67])。碳税直接针对燃料的 CO₂ 排放,但证据表明,政府还会利用消费税作为改变民众行为的杠杆。

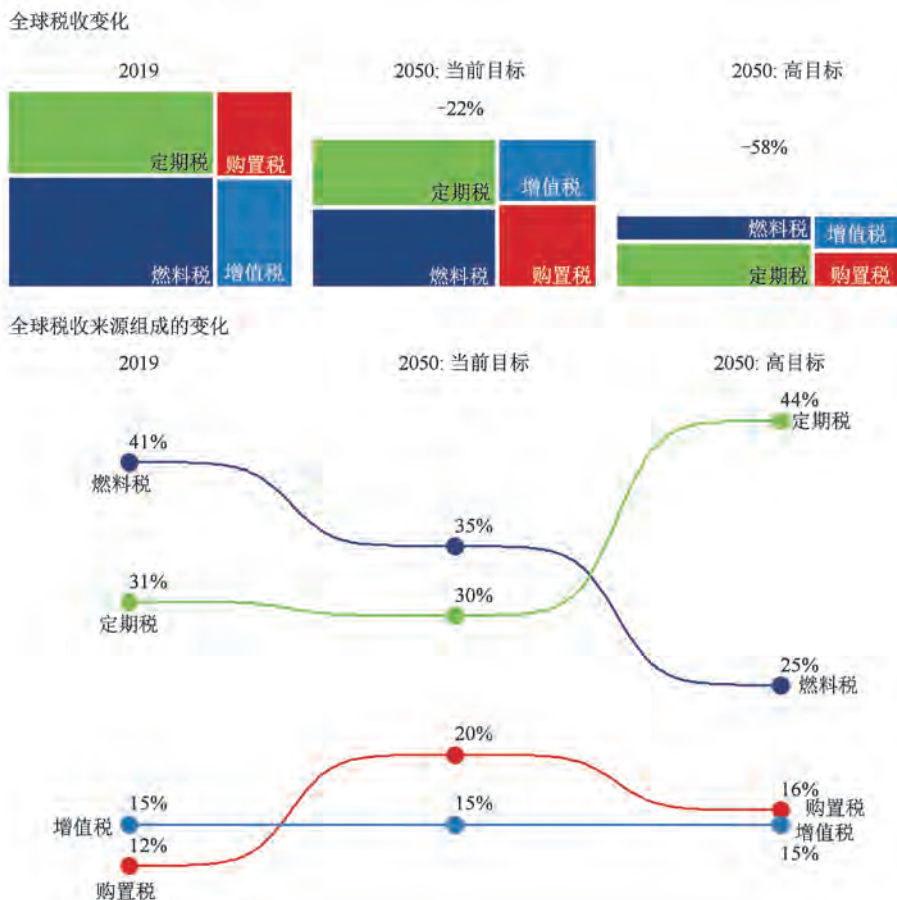


图 6.12 2050 年按车辆类型和税种划分的税收比例

注:比较按车辆规模归一化。车辆包括两轮和三轮车、乘用车、客车、轻型商用车(LCV)、货车和公路牵引车。图中所示为 ITF 根据内部模型模拟的估算和车辆变化。当前目标和高目标指模拟的两种主要政策情景,代表运输脱碳的两种雄心水平。

来源:税率估算来自 OECD (2022)^[60]、GIZ (2021)^[65]、OECD (日期不详)^[16]、Zahedi 和 Cremades (2012)^[17]、PWC (2019)^[18] 和 Chen 等(2022)^[15] 提供的数据。

就燃料而言,消费税可以视为“一种隐形的碳定价形式”(OECD, 2022^[60])。在所有政策情景下,道路车辆的 CO₂排放量减少都会迅速削弱该税种的税基。燃料税还包括与 CO₂排放相关的外部成本。然而,它们捕获其他外部成本(如拥堵)的效果较差,据预测,在拥堵的城市地区,其他外部成本比 CO₂排放的外部成本更高(ITF, 2022^[61])。

按目前燃料税的税率对电力征税,预计不可行。电力广泛用于许多行业,这意味着它将对交通以外更广泛的领域产生影响,而且也可能会影响低收入家庭的负担能力,进一步加剧潜在的公平问题。此外,由于 EV 比传统 ICE 车辆效率更高,因此税收收入还是会低于化石燃料税收(ITF, 2021^[48])。

许多欧洲和 UCAN 国家还引入了购置税或定期税,根据不同的燃料消耗或 CO₂排放征收不同的税,鼓励使用低排放或零排放车辆。一些国家明确为 ZEV 或全电动汽车提供奖金、折扣或减税(OECD, 2022^[60]),但这种购置税或定期税在其他地区不是很普遍。

在亚洲地区,以排放为基础的购置税和定期税不太常见。ITF 的预测表明,长期来看,ENEA 基于定期税的税收收入比例高于其他地区。国际清洁运输委员会(ICCT)2022 年的一项研究发现,在 ENEA 地区的国家中,只有日本根据 CO₂排放或燃料消耗征收购置税或定期税。

在东南亚,泰国和新加坡是唯二在购置税和定期税中反映环境因素的国家。在本报告编制期

间,中国、日本、韩国和新加坡(以及属于 SSWA 的印度)也都对电动汽车或混合动力电动汽车提供了某种形式的补贴或退款(Chen, Yang 和 Wappelhorst, 2022^[15]),意味着车辆的转变仍将影响整体的税收。

本小节的重点是燃料税改革,但从图 6.12 所示的购置税结果中可以看出,我们必须考虑到 ZEV 激励措施的实行期限。本报告假设现有税收制度将延续下去,因此现有的低排放或零排放车辆购置税豁免也将延续。在设计此类激励措施时,也应考虑到逐步取消此类激励措施的触发因素或时机。

6.4.3 新的税收可以解决收入下降的问题,并支持投资气候行动

未来关于车辆拥有和使用的税收决定必须考虑所有相关的外部影响。燃料税一直是控制 CO₂ 排放的有效工具,但无法有效解决拥堵或安全风险问题。欧盟认为,拥堵和交通事故是私人机动车辆使用的两个最大的外部成本(EC, 2019^[69])。即便运输业推进脱碳,这两个外部成本依然存在。这些成本会随着一天中不同时间、不同地点而变化,预计城市中这些成本比农村更高(Proost, 2022^[70])。

根据欧盟的成本估算,在不拥堵的农村地区,EV 的外部影响低于 ICE 车辆或拥堵环境下的任何汽车(EC, 2019^[69])。这一数据表明,可以在短期内实行无差别的道路使用收费,让所有驾驶员一起承担基础设施的成本。可以在拥堵的城市地区实行额外的定价措施,如拥堵收费,适当捕获在当地使用汽车产生的外部成本(ITF, 2022^[61])。从长远来看,可以引入更精细、有区别的道路使用收费。第 3 章详细探讨了城市的定价措施。

在 UCAN 国家中,澳大利亚、新西兰和美国已经采取行动取消燃料税,在国家或地区实行按距离收费。在澳大利亚和新西兰,按距离收费方案以里程表读数为基础。美国俄勒冈州、犹他州和弗吉尼亚州允许用户选择按年收费或按英里收费,取决于用户采用哪种方案缴费更便宜(ITF, 2022^[61])。新西兰的计划从 1978 年就开始实施了,而澳大利亚和美国引入按距离收费计划是为了减小不断转变的车辆对燃料税收入的影响。

燃料税并没有完全过时。如前文所述,这在很大程度上是一种有效且公平的手段,可以捕获 CO₂ 排放的外部成本,并鼓励转向更清洁的车辆。只要内燃机车辆依然是车辆的重要组成部分,燃料税就应保留,并且应设置得更合理,将所有类型燃料使用的相关外部成本(如气候成本和空气污染)充分内部化。这也意味着考虑到柴油对空气污染产生的较大影响,应相对提高柴油税(ITF, 2022^[61])。

最近 ITF 围绕脱碳和道路运输定价的圆桌会议(ITF, 2022^[61])讨论了 EV 引入按距离收费的问题,同时只要车辆中仍然还有 ICE 车辆,就保留燃料税。对 ICE 车辆征收燃料税、对 EV 使用者按距离征收道路使用费、在地方实行拥堵收费,综合这些措施应该可以有效地捕获道路车辆使用给社会带来的成本,并确保用户为道路基础设施成本作出重大且相称的贡献。

该圆桌会议即将发布的报告建议,从中期来看,政府应发展技术能力,确保能采用不同的定价措施,收获更大的效率收益。在任何情况下,政策都必须经过深思熟虑,并将背后的原因传达给公众,为政策接受和更顺利的实施提供支持。此外,还需考虑道路收费的可接受性,这些考虑很可能意味着需要征收拥堵税并将税收用于当地支出(例如用于改善城市公共交通)(ITF, 2022^[61])。

如第 3 章所述,拥堵或道路收费产生的收入可用于改善公共交通,成为替代私人机动车辆的有力选项。在设计任何长期的道路收费机制时,也必须考虑实施的可行性。这包括考虑按距离收费的公平性和可负担性,特别是可能住在城市边缘的最贫困社区。

任何机制都可能需要新的技术解决方案和管理流程。使用全球定位系统(GPS)来预测行驶路程时也要注意解决隐私担忧。未来的定价政策也应有助于实现更广泛的政策目标,例如如果 EV 只是取代 ICE 车辆,则需要管理可能依然存在的拥堵风险。

6.5 政策建议

6.5.1 采用目标导向的“决定并提供”基础设施规划方式,而不是被动的“预测并提供”方式

如果现在就决定未来的可持续交通系统并相应地投资基础设施,可以在运输脱碳过程中发挥关键作用。如果采用高目标情景,按照“决定并提供”的方式规划核心基础设施,投资需求将低于现有政策路径。长期战略愿景也能促进土地利用和交通规划政策融合,支持建设更加宜居的城市,促进可持续交通运输模式的普及和使用。

发展中地区的成长中城市如果现在就采取行动,促进土地的综合利用,以愿景为导向规划交通系统,未来就可能避免对汽车的依赖。同时,发达地区的成熟城市需要优先考虑可持续交通模式,而不是私人机动车辆。与当前目标情景相比,这些地区在高目标情景下的核心基础设施成本更低。所有地区都需要加大对公共交通模式和城际铁路的投资,同时减少对公路的投资,但公路仍将占据最大比例的投资。

这是《ITF 交通运输展望》第一次根据模拟政策情景预测的需求探讨所需的基础设施成本。虽然所有建模都有局限性,但研究结果表明,在相同的评估设定下,这两种情景的基础设施需求成本几乎相同。

如此大规模的基础设施投资数据在收集时仍然存在很大难度,这在很大程度上是因为负责交通基础设施项目的机构太多了,既有公共机构,也有商业机构。大多数时候,没有一个统一的部门能够跨越所有基础设施类型和管理级别整理这些信息。解决数据差是改善未来估算的重要步骤,如果能够改进数据,这类成本估算就能为探讨不同的路径提供至关重要的支撑。

6.5.2 认真考虑电动汽车充电基础设施所需的大量额外投资

为实现高目标情景所需的 EV 充电基础设施是一项新的大型基础设施投资需求。据预测,在当前目标情景下,2050 年全球范围内的投资需求平均将占全球年度 GDP 的 0.2%,在高目标情景下为 0.4%。一些地区已经制定了一揽子政策,支持和刺激公共充电桩的安装,同时还通过法规和税收豁免推动家庭和工作场所的安装,以支持投资建设由公共场所、家庭或工作场所(或场站)充电构成的充电网络。

新兴地区 EV 充电桩的额外投资需求,尤其需要认真考虑。一些地区的核心基础设施投资需求已经超过发达地区。在当前目标情景下,这些地区也将以最慢的速度“顺其自然”地采用 ZEV,这意味着在高目标情景下,其增长幅度将高于其他地区。关键是,在 EV 充电网络变得重要之前,必须满足新兴地区的电力需求。

尤其需要关注 HDV 的充电网络。目前,这些网络在高目标情景下占据最大比例的投资需求。必须加快建设以场站为基础充电基础设施。政策制定者必须像过去鼓励轻型乘用车的发展一样,认真规划 HGV 的转型。

6.5.3 改革当前的燃料消费税,引入更多基于距离的收费

设计周到的道路使用定价可以帮助解决燃料税收入下降的问题,将车辆使用的外部成本内部化。电气化将显著降低道路使用的气候和污染成本。但如果没有重大的政策变化,拥堵成本将继续增加。只要 ICE 车辆依然是所有车辆的重要组成部分,就应保留燃料税,并且应设置得更合理,将燃料使用的相关外部成本充分内部化。

在短期内,以距离为基础的无差别收费可以有效替代燃料税。如有必要,也应在地方征收拥堵费。如果道路使用收费能将所有相关外部成本内部化,则有助于推动必要的交通模式转变,这是运输脱碳的重要组成部分。所有额外收入都可用于改善公共交通以及为主动出行和微出行开发更好的基础设施。

政府应努力在交通模式转型中期采用更加精细和有区别的按距离收费系统。考虑到按不同时间和地点区分的按距离收费系统可以实现巨大效率和公平效益,政府应支持采用这些系统所需的技术能力,建设法律框架解决隐私担忧。政府还应有效地宣传道路收费政策,确保公众理解并接受这类收费。

责任编辑：崔 建

封面设计：北京方 装帧设计
张红涛 13621250887

ITF Transport Outlook 2023

国际运输论坛(ITF) 交通运输展望2023



本书的原版为英文，英文标题为ITF Transport Outlook 2023 © 2023，经济合作与发展组织（OECD），巴黎。

本翻译由OECD安排出版。此版本非OECD官方翻译。

www.oecdbookshop.org _ OECD 网上书店
www.oecd-ilibrary.org _ OECD 网上图书馆
www.oecd.org/oecddirect _ OECD 标题提醒服务



定价：98.00元