

# 后疫情时代交通运输领域的一体化碳减排政策

张峻屹

(日本广岛大学, 日本 东广岛市 739-8529)

**摘要:** 交通运输领域的碳减排目标可以基于碳排放恒等式和DIRECT方法论的无缝政策制定和实施过程管理来实现。首先, 基于交通运输领域的碳排放恒等式, 提出碳减排目标可以从六个环节实现: 1)减少交通运输能源消费的碳排放强度; 2)降低交通运输活动的能源消费; 3)减少生活和经济活动对交通运输的压力; 4)减少为满足需求的高碳生活和经济活动量; 5)改变高碳生活和经济需求; 6)人口政策。DIRECT方法论包括六个步骤: 1)探知、检测; 2)告知、介入; 3)反应; 4)启蒙、强化、评估; 5)协作; 6)传承。这六步是实现以上每个环节必需的步骤。基于以上内容, 提出制定和实施交通运输领域碳减排的无缝一体化政策的六环六步法。

**关键词:** 交通治理; 交通运输领域; 碳排放恒等式; DIRECT方法论; 政策过程管理

Integrated Carbon Reduction Policies on Transportation in the Era of Post-COVID-19

Zhang Junyi

(Hiroshima University, Higashi Hiroshima 739-8529, Japan)

**Abstract:** Carbon reduction goals in transportation should be achieved via integrated process management of policy making and implementation, based on a transportation sector carbon emissions identity and a DIRECT approach. Based on the carbon emission equation in transportation field, carbon emissions from the transportation sector can be reduced from the following six connected domains: 1) carbon intensity of energy consumption from transportation, 2) energy consumption from transportation, 3) transport pressures from life and economic activities, 4) high-carbon life and economic activities, 5) changing the needs in high-carbon life and business, and 6) population policy. The DIRECT approach includes six steps: 1) detect, 2) inform/intervene, 3) react, 4) enlighten/enforce/evaluate, 5) collaborate, 6) transfer, which should be applied to manage each of the six parts of the above identity. With the above contents, this paper proposed a “6-domain & 6-step” policy integration framework for reducing carbon emissions from the transportation field in a progressive way.

**Keywords:** transportation governance; transportation; carbon emissions identity; DIRECT approach; policy process management

收稿日期: 2021-05-21

作者简介: 张峻屹(1966—), 男, 吉林大安人, 博士, 终身教授, 日本工程院外籍院士, 主要研究方向: 交通规划与管理、城市与区域规划、能源与环境政策、旅游政策、大流行病和健康政策、行为学、交叉学科研究。E-mail: zjy@hiroshima-u.ac.jp

## 0 引言

实现低碳发展是全人类的共同目标, 各国都需要做出相应的贡献。新型冠状病毒肺炎(以下简称“新冠肺炎”)疫情大流行后, 如何尽快控制疫情并将经济恢复到疫情之前的水平进而推进韧性和可持续发展成为全球关注的最重要政策决策议题之一。由于经济发展在全球范围内受到严重创伤, 实现低碳

发展进而解决气候变化带来的各种问题在很多政府的政策议题中被弱化了。新冠肺炎疫情大流行后, 虽然全球范围内的碳排放在2020年上半年大幅度减少(-8.8%)<sup>[1]</sup>, 但是最新数据显示反弹效果很大, 随着疫情好转碳排放水平越来越接近2019年了<sup>[2]</sup>。在这样严峻的背景下, 习近平主席于2020年9月在第七十五届联合国大会向全世界宣布中国要在2030年前实现碳达峰和2060年前实现碳中

和的双碳目标,中国决心为疫情后的绿色恢复和积极应对气候变化做出贡献,得到国际社会高度赞誉和广泛响应。然而,如何实现碳减排目标是中国以及其他国家需要共同面对的问题。

本文首先提出交通运输领域的碳排放恒等式,以此为基础提出交通运输领域碳减排目标可以从六个环节实现。然后,总结控制疫情和实现疫情后恢复的由六个步骤构成的DIRECT方法论,并讨论如何应用此方法论应对更普遍的韧性与发展问题。接下来,利用大部分篇幅描述如何结合碳排放恒等式和DIRECT方法论进行交通运输领域的碳减排政策制定和实施的无缝过程管理,为后疫情时代交通运输领域碳减排政策制定和实施提供更科学的理论框架,即六环六步法。从理论上讲,这个六环六步法适合于任何国家。

## 1 交通运输领域的碳减排恒等式

研究表明,疫情后如何实现绿色恢复是全球面临的巨大挑战,交通运输领域也不例外,因为受疫情影响,交通运输领域对机动车的依存程度会越来越高<sup>[3-5]</sup>。在这样的大背景下,为了实现碳减排目标,本文首先提出交通运输领域的碳排放恒等式

$$CO_2 = \frac{CO_2}{E} \times \frac{E}{T} \times \frac{T}{A} \times \frac{A}{N} \times \frac{N}{P} \times P, (1)$$

式中:  $E$  为能源消费;  $T$  为交通运输;  $A$  为生活和经济活动;  $N$  为生活和经济需求;  $P$  为人口。基于公式(1),可以推导出交通运输领域碳减排恒等式

$$\Delta\{CO_2\} = \Delta\left\{\frac{CO_2}{E}\right\} + \Delta\left\{\frac{E}{T}\right\} + \Delta\left\{\frac{T}{A}\right\} + \Delta\left\{\frac{A}{N}\right\} + \Delta\left\{\frac{N}{P}\right\} + \Delta P. (2)$$

由以上两个公式可见,交通运输领域的碳排放涉及六个环节:1)交通运输能源消费的碳排放强度;2)交通运输活动的能源消费;3)源于生活和经济活动的交通运输压力;4)源于生活和经济需求的生活和经济活动;5)人均生活和经济需求;6)人口。从理论上讲,交通运输领域的碳排放目标可以从六个环节实现。

1) 减少交通运输能源消费的碳排放强度。

从全球范围来看,交通运输领域的最大碳排放来自道路客运交通,其次是道路货运交通,再接下来才是航空和船舶,道路交通

分别是航空和船舶的3.6倍和2.4倍<sup>[6]</sup>。从能源来源看<sup>[7]</sup>,汽油和柴油是全球交通运输领域的两大能源,占能源消费总量的60%以上。由此可见,如何减少道路交通的能源消费和碳排放强度是全球最大的挑战,尤其是如何尽快使用可再生能源取代汽油和柴油迫在眉睫。很明显这个环节主要是靠技术开发,没有变革性的技术创新很难大幅度减少碳排放。从新技术(特别是智慧技术)的发展全局来看,能源网、交通网和信息网的融合势在必行。

2) 降低交通运输活动的能源消费。

如上所述,交通运输活动的两大能源是汽油和柴油(主要用于道路交通)。因此,如何激励汽车消费者(市民和企业)尽快购买和使用可再生能源机动车,更重要的是如何大幅度优先发展绿色便捷的公共交通系统至关重要。当然这些只是降低交通运输能源消费政策措施的一部分。其他的政策措施主要是从节能的角度管控交通运输需求,包括交通运输能源的选择。这个环节属于交通运输政策和能源政策的交叉领域。

3) 减少生活和经济活动对交通运输的压力。

生活和经济活动离不开交通运输,但是需要优化其依存方式和效率进而减少对交通运输的压力。例如,一次出行完成两种生活需求、减少回程货车空载等。使用铁路运输替代公路运输,可以大幅度提高运输效率、减少碳排放。

4) 减少为满足需求的高碳生活和经济活动量。

新冠肺炎疫情后,越来越多的人适应了远程办公、网上会议和网上购物等,大幅度地减少了源于线下活动的碳排放。这些线上活动减少的只是高碳生活和经济活动量,而不是生活和经济活动的总量本身。这说明在不减少生活和经济活动总量的前提下可以减少碳排放。

5) 改变高碳生活和经济需求。

发达国家的低碳发展经验表明,碳减排和经济增长并不矛盾。换句话说,经济增长和碳减排可以兼顾。生活质量的提高和经济的持续增长是必须满足的需求,但是满足这些需求的高碳生活方式及企业经营方式需要改变。

6) 人口政策。

人口影响交通运输规划与管理的方方面

面，包括碳减排。人口越多碳排放越多，但是优化人口密度与分布可以减少碳排放，因此，交通规划的作用不可忽略(例如公共交通导向型发展)。

2 DIRECT 方法论

DIRECT 方法论是从研究如何控制新冠肺炎疫情大流行和如何实现疫情后恢复的经验中总结出来的。DIRECT(见图 1)是一种重视政策制定和实施过程管理的综合方法，不仅可以用于解决疫情期间的问题，还可以用于解决疫情后的韧性、可持续发展的问题。

1) 探知、检测(Detect)。

及早、快速和大范围地发现(探知、检测)感染者和危险行为(例如前往人流密集、中高风险地区)对于控制病毒的传播至关重要。在这方面，可以使用智能技术有效地检测受感染和易感人群的活动和出行行为的时空轨迹。从技术上讲，如何利用各种智能技术具有挑战性，因为需要解决相关法律问题。例如，如何在保护个人隐私的同时保证数据可以真正地为民抗疫政策制定和实施服务。从方法上讲，有必要确保捕获所有可能具有风险的行为，而不是随机抽样调查。在这方面，至关重要是自动生成活动、出行行为的无缝时空轨迹，以避免依靠回忆产生误差。针对韧性、可持续发展问题，及时发现不可持续的行为(例如过度使用汽车、消耗能源)，以有效促进疫情后的发展。

2) 告知、介入(Inform, Intervene)。

决策有两种类型：决策信息被告知的和决策信息没有被告知的。人们可以在没有任何外部介入的情况下自行修改其冒险和不可持续的行为。这被称为没有被告知的决策。由于关于流行病和可持续发展的未知数和不确定性太多，因此需要告知(或介入)人们如何改进其决策(取得期待的结果)。针对所有发现的风险、危险行为以及不可持续的行，都应更好地告知公众和各利益相关者。决策者和被告知的主体(个人、企业等)之间的有效沟通将更好地支持被告知的决策。

3) 反应(React)。

介入措施是否有效取决于人们是否以预期的方式做出反应。被告知的决策旨在改变人们的行为。行为改变受各种因素的影响，例如社会心理学理论所建议的意识和态度、规范、信念、感知的行为控制和习惯。成功的介入措施需要一个创新的框架来全面反映所有关键的社会心理因素的作用，这些因素有助于解冻风险高、不可持续的生活方式、企业经营方式和组织运营方式等。这与大流行病、韧性和可持续发展有关的很多行为是相关的。所以，行为介入需要关注个人、社区和更大范围的行为相关性。

4) 启蒙、强化、评估(Enlighten, Enforce, Evaluate)。

人们的决定取决于具体情况，并且会随着时间而变化。因此，即使人们以预期方式做出反应，可能持续的时间也不会太长。如果某种行为无法以预期的方式发生，即使通过各种软措施介入，也必须通过法律和经济

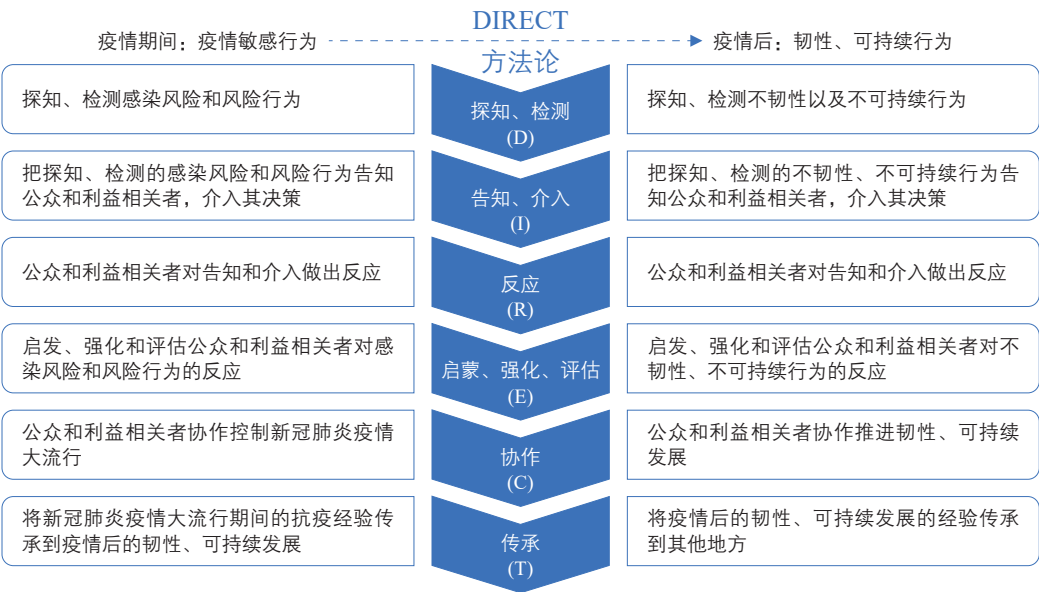


图1 DIRECT 方法论  
Fig.1 DIRECT approach

手段保障其有效。为了以可持续的方式促进行为变化,应该启蒙自发的行为改变。启蒙、强化的行为变化是否会带来预期的结果,需要进行适当的评估。意愿和接受程度、准备和能力、有效性和效率、目标定位和基准、成本和收益等因素都应在评估过程中得到很好的体现。

#### 5) 协作(Collaborate)。

所有利益相关者应协作控制当前的新冠肺炎疫情大流行,并更好地管理大流行后的可持续发展。不同的政府部门需要协作以打破各种部门壁垒。公共部门需要与私营部门进行协作,了解政策的经济和社会影响,提高决策效率和效力,避免市场失灵。还需要社区参与,以确保政策措施的成功实施。人们亲社会(prosocial)的态度、规范、信念、相互信赖等是协作的基础。这些社会心理因素在上述与反应有关的行为变化中起着关键作用。

#### 6) 传承(Transfer)。

疫情期间的经验需要更好地传承到疫情后的韧性、可持续发展中。对于当前的疫情,可以从历史中更好地吸取各种教训。但是,世界范围内感染的持续增长表明,以前的大流行病的教训并没有有效地传承到当前的抗疫实践中。可持续发展也是如此。政策制定和科学见解的可转移性是必不可少的,可以保证广泛的政策效果。

### 3 交通运输领域碳减排无缝一体化政策的六环六步法

基于碳减排恒等式(公式(2))和DIRECT方法论,本文提出表1所示的六环六步法,服务于交通运输领域碳减排的无缝一体化政策制定和实施。所提出的新的碳减排思路还没有具体应用实例。以下针对每个碳减排环节如何应用DIRECT方法论进行概念性的探讨。

#### 3.1 减少交通运输能源消费的碳排放强度

第一个环节是如何从交通运输领域消费的能源中减少碳排放。这个环节包括交通运输系统建设过程中的碳减排和系统建成后供用户使用过程中的碳减排。后者不仅包括交通运输用户排放的CO<sub>2</sub>,还包括交通运输系统运营管理维修中产生的CO<sub>2</sub>。换句话说,碳减排需要考虑交通运输系统的全生命周期。交通运输系统建设与运营过程中需要各种原材料和加工材料等,其采购的地理范围包括建设地所在城镇、省份乃至全国甚至国外,供应链多种多样。所以,交通运输系统建设过程的碳排放检测(探知)必须是跨领域、跨区域的,也需要和建筑材料行业的碳排放同步进行。

##### ① 探知、检测。

近年来,作为企业社会责任(Corporate

表1 交通运输领域碳减排无缝一体化政策的六环六步法

Tab.1 A “6-domain & 6-step” approach of seamless and integrated policy for carbon reduction in transportation

| DIRECT方法<br>六个步骤 | 碳减排恒等式六个环节           |                         |                           |                              |                              |                       |
|------------------|----------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------|
|                  | 减少交通运输能源<br>消费的碳排放强度 | 降低交通运输<br>活动的能源消费       | 减少生活和经济活动<br>对交通运输的压力     | 减少为满足需求的高<br>碳生活和经济活动量       | 改变高碳生活和<br>经济需求              | 人口政策                  |
| 探知、检测            | ①开发碳排放检测智慧技术         | ⑦探知可降低的交通运输能源消费         | ⑬探知可减少的交通运输压力             | ⑰探知可减少的高碳生活和经济活动             | ⑲探知高碳生活和经济需求                 | ⑪探知人口移动趋势             |
| 告知、介入            | ②开发支持告知、介入的智慧技术      | ⑧告知、介入可降低的交通运输能源消费      | ⑭告知、介入低碳交通运输决策            | ⑱告知、介入低碳生活和经济活动决策            | ⑳告知、介入低碳生活和经济需求              | ⑫告知、介入人口移动            |
| 反应               | ③开发支持反应的智慧技术         | ⑨反应“告知、介入”的政策措施         | ⑮反应“告知、介入”的低碳交通运输决策       | ⑳反应“告知、介入”的低碳生活和经济活动决策       | ㉑反应“告知、介入”的低碳生活和经济需求建议       | ⑬反应“告知、介入”的人口政策       |
| 启蒙、强化、评估         | ④开发支持启蒙、强化、评估的智慧技术   | ⑩启蒙、强化、评估“告知、介入”的措施     | ⑯启蒙、强化、评估“告知、介入”的低碳交通运输决策 | ㉒启蒙、强化、评估“告知、介入”的低碳生活和经济活动决策 | ㉓启蒙、强化、评估“告知、介入”的低碳生活和经济需求建议 | ⑭启蒙、强化、评估“告知、介入”的人口政策 |
| 协作               | ⑤基于企业间合作、产学研合作等的技术开发 | ⑪政府-企业-公众协作“告知、介入”的政策措施 | ⑰政府-企业-公众协作支持低碳交通运输决策     | ㉔政府-企业-公众协作支持低碳生活和经济活动决策     | ㉕政府-企业-公众协作支持低碳生活和经济需求建议     | ⑮协作实施“告知、介入”的人口政策     |
| 传承               | ⑥传承低碳技术开发经验          | ⑫传承“告知、介入”的政策措施的经验      | ⑱传承“告知、介入”的低碳交通运输决策的经验    | ㉖传承“告知、介入”的低碳生活和经济活动决策       | ㉗传承“告知、介入”的低碳生活和经济需求建议       | ⑯传承“告知、介入”的人口政策       |

Social Responsibility, CSR)的体现,公开碳排放年报的企业越来越多,交通运输企业也不例外。这些年报在经过外部核查后可以加以利用。但是,大多数企业没有企业活动整个生命周期的碳排放数据,而且即使是同一规模的企业,整个生命周期的碳排放也可能相差很大,因此需要对每个交通运输企业进行科学严密的碳排放检测。交通运输系统建设与运营过程中的碳排放检测(探知)既相当复杂又十分困难,因此迫切需要开发可以检测交通运输系统建设与运营全过程的碳排放的智慧技术。碳排放是企业活动的外部不经济性,是市场失灵的典型事例,因此碳排放检测是政府行为。但是政府可以通过适当的制度设计鼓励发展碳排放检测产业,激励企业和公众积极参与检测,政府应起到监督和核查作用。交通运输系统用户包括客运用户(即出行者)和货运用户。随着智能手机和智慧行车记录仪等设备的普及,智慧技术的发展使得探知交通运输系统用户的高碳行为越来越可行。碳排放检测技术的应用需要注意个人隐私问题,技术开发要有针对性,任何让人们失去合作信心的行为都是不可取的。

## ② 告知、介入。

探知到高碳交通运输行为后需要及时告知交通运输供给方和用户,适当地介入其决策促使其高碳行为的改变。因为碳排放的检测是为了告知和介入,所以告知、介入技术应该和碳排放检测技术作为一套技术开发。如何告知和介入需要依据科学的方法,需要讲究方式、方法,还要有力度。告知和介入是为了影响决策过程进而达到预期的低碳行为。对于交通运输系统来讲,从建设到运营管理,每一个环节都不能漏掉。一旦采用的能源和其使用的技术决定后,碳减排就需要从系统运营管理和设备、设施等的维修上下功夫。因此,严格控制交通运输系统建设过程中的碳减排至关重要。交通运输系统的碳减排除了靠技术以外,作为组织行为,需要有一套完善的自我检测、告知、介入的CSR机制和保障体制。为此,政府要积极鼓励企业的CSR活动,也要发挥政府的监督作用。因为交通运输系统用户数量大,其碳排放的检测、告知、介入的难度比一般行业要大得多。为了达到长期可持续的效果,如何激励用户自发性地碳减排是关键。为此,告知、介入技术需要科学地理解用户作为消费者的心理和作为有社会责任的公众的心理。例如

心理学上的助推理论(Nudge Theory)需要给予足够的关注,需要开发基于心理学的告知、介入智慧技术。

## ③ 反应。

基于探知的告知和介入能否导致所期待的反应,取决于很多因素。例如,探知能否为告知、介入提供可靠信息,告知、介入能否成为反应的重要决策信息。对已经全方位采取低碳行为的反应者,探知、告知、介入的作用可能不大;同样,对完全没有采取低碳行为意愿的反应者,探知、告知、介入的作用也难以发挥。因此,需要针对反应者的不同行为变化阶段(无兴趣改变、有兴趣改变但不知道如何改变、知道如何改变但是还没有准备好或者没有改变的充分理由、已经开始改变但是不能持续、已经持续改变、已经厌烦改变等)对症下药。对新技术的反应还取决于基于市场占有的技术推广阶段和反应者的技术偏好类别(创新者、早期采纳者、早期多数、晚期多数、落后者)。

## ④ 启蒙、强化、评估。

为了实现所期待的反应,对D, I, R各个步骤需要启蒙乃至强化并给予评估。启蒙是为了让反应者对低碳技术有更好的了解进而诱发其被期待的自发性的反应。如果启蒙效果不好,就需要强化性介入,例如基于立法从市场强迫性地排挤高碳技术,或者实施基于碳排放量的碳汇措施。以上的各个步骤是否有效需要基于科学证据的评估。评估既需要收集大量可靠的数据,也离不开反映现象和决策机理的模型。各种智慧技术的快速发展和广泛应用为碳减排政策制定提供了各种各样的大数据,这些数据为开发既科学又实用的评估模型提供了基础。评估也是说服和激励各种利益相关者广泛参与和协作的基础。

## ⑤ 协作。

技术开发需要实现企业和用户的价值共创,只有企业追求的价值和用户追求的价值同时实现,企业才可以从技术提供中获利,用户才可以使用技术减少其碳排放。只有这样,低碳技术才可以发挥作用。为了全方位地反映各种价值,充分发挥和利用不同利益相关者的能力和相互作用机理,推进基于企业间合作、产学研合作等的技术开发,激励公众参与是非常重要的。从全球的角度,发达国家和发展中国家的全方位合作是大幅度减少碳排放的关键。

### ⑥ 传承。

从研究和实践领域来讲, 转让(传承)低碳技术开发和应用经验属于技术转让(Technology Transfer)研究领域。例如《技术转让杂志》(The Journal of Technology Transfer, <https://www.springer.com/journal/10961/>)强调对技术转让(传承)的管理实践和策略的研究, 关注影响这些实践和策略的外部环境(包括公共政策的发展、法律问题以及全球趋势)以及这些外部环境与组织(政府、公共机构、企业、大学等)及其创新过程之间的关系。技术转让是技术创新过程的重要组成部分, 需要建立在适当的知识产权保护之下。技术转让有助于确保更广泛的用户可以利用科学技术为低碳发展做出贡献, 但是重大技术的转让需要政府的政策干预。碳减排的成功经验不少, 各国需要基于责任和义务的行为准则相互借鉴和学习。发达国家既需要承担起碳减排的责任和义务, 也需要积极排除技术转让的各种不必要的障碍, 从而帮助发展中国家实现碳减排目标。发展中国家需要积极吸取发达国家的经验, 加大低碳发展力度并探索适合自身国情的碳减排路径。

## 3.2 降低交通运输活动的能源消费

这个环节包括能源选择和能源使用两部分。例如, 交通方式选择可以贡献碳减排: 选择步行就没有碳排放问题; 选择电动汽车, 而不是选择传统的汽油车, 就没有因为出行而直接产生的碳排放问题。这是能源选择问题。虽然选择电动汽车没有直接碳排放问题, 但是其间接碳排放不是0(因为电池需要充电); 为此, 如果能够减少利用电动汽车的次数就可以减少相应的间接碳排放。这是能源使用问题, 即如何节能的问题。

### ⑦ 探知、检测。

和碳排放相比, 交通运输活动中的能源消费直接与用户的消费支出有关。即便用户对碳减排无动于衷, 对如何减少与其支出有关的能源消费却不容忽略。因此, 交通运输活动中对能源消费的探知不仅可视性高而且有助于用户的能源消费决策, 用户对这种探知的需求要比碳排放探知的高而且更符合用户的切身利益。

### ⑧ 告知、介入。

把以上探知的能源消费及时告知交通运输用户可以减少用户能源消费决策的信息收集负担, 为用户提供可信的决策依据。有些

用户对能源消费的多少可能不太敏感, 也有些用户不能有效地减少其能源消费, 对这样的用户就需要适当的介入。

### ⑨ 反应。

对碳排放的反应和对能源消费的反应有很多相似之处, 其原理和机制也有不少共性。因为能源消费直接涉及用户的收入支出决策, 其反应的敏感性和积极性比对碳排放的要高, 其介入的效果也相对更容易体现。需要关注的是, 用户对使用节能技术的能源消费(直接、间接)反弹效果。

### ⑩ 启蒙、强化、评估。

因为节能技术的能源消费反弹效果的存在, 减少交通运输活动中的能源消费需要对用户进行启蒙助推(nudge), 诱导其自发的反应, 根据具体的反应情况适当地强化介入(或施加压力)促成其被期待的反应。以上的各个步骤也需要科学的评估, 需要对交通运输活动和能源消费的决策机理进行科学的调查和解释。例如, 从家庭来看, 由于家庭财政的制约, 家庭内部的能源消耗和因为出行(尤其是私人汽车)带来的能源消耗不是孤立的<sup>[8]</sup>。从企业来看, 要想把产品或服务带到用户身边离不开交通运输。另外, 家庭的交通行为和能源消费行为还与其他生活行为互相影响, 减少交通行为产生的能源也需要从其他生活的角度下功夫<sup>[8]</sup>。以上各个步骤是为了实现所期待的节能行为, 但是家庭和企业的决策机理和方式不一样, 因此这些步骤的影响也不相同, 具体做法需要考虑不同交通运输活动者的决策和行为差异。

### ⑪ 协作。

交通运输领域碳减排需要大幅度地缩减对化石燃料的依存。如何尽快大范围地推广电动汽车成为全世界关注的问题。如果能源领域不能提供充分的可再生能源供交通运输领域使用, 推广电动汽车就达不到交通运输预期的全生命周期碳减排。一天中的能源消费有很大的时间波动, 而能源供给的波动不大, 这导致能源供给和需求的不平衡。因此, 需要开发智慧技术助力能源供给方和用户的协同治理。减少交通运输活动中的能源消费自然需要交通运输活动者和其影响者的参与和协作, 除了交通运输领域和能源领域, 也离不开其他经济领域的协作。企业及其用户的协作有助于提高节能产品和服务的市场接受度。能源领域和交通运输领域的协作有助于减少交通运输对能源供给的压力以

及能源供给对交通运输的制约。公众参与和协作有助于监督政府和企业节能政策的实施,促进节能产品和服务在市场上更广泛和可持续的普及。

#### ⑫ 传承。

最重要的传承是交通运输领域和能源领域的跨领域技术开发和普及、政策决策和实施经验,还有各种法律和法规等制度设计和实施经验,这种传承应该是跨国、跨区域和跨世代的。

### 3.3 减少生活和经济活动对交通运输的压力

交通运输是生活和经济活动的派生需求。消费者和生产者(或服务供给者)之间存在空间距离,因此几乎所有的供需关系的成立都需要克服这个空间距离。如何减少生活和经济活动的交通运输压力包括两个方面:1)如何减少交通运输量;2)如何提高交通运输效率。例如,如果生产的原材料可以从企业所在区域采购,就可以减少因远距离(如国外)采购而带来的非必要交通运输。私人汽车使用如果能从一个人乘坐变为两个人乘坐,如果有更多的出行能从私人汽车转移至公共交通,就可以减少出行总量。故而,在不影响生活质量和经济发展的前提下,如何减少交通运输量和提高交通运输效率变得非常重要。从理论上讲,这个环节主要属于交通运输规划与管理的范畴。由于涉及各个方面的生活和经济活动,需要跨越交通运输、生活和经济活动各个领域的政策应对。

上述两个方面的交通运输减压过程管理不完全一样,也不完全独立,哪个更重要取决于城镇的发展阶段。快速发展阶段两者需要兼顾,稳步发展阶段更需要强调如何提高交通运输效率、减少交通运输成本。

#### ⑬ 探知、检测。

市场上实际的交通运输交易量是供给(或供给意愿)和需求(或需求意愿)的最小值。因此,探知需要从供给和需求两个方面着手。交通运输的减压需要从生活和经济活动决策的源头着手。为防患于未然,需要及时捕捉(即探知)生活和经济活动决策给交通运输带来的高压苗头。

源于生活的日常出行需求取决于中长期的生活选择和短期的日常生活选择。中长期的生活选择包括工作选择、居住地选择和私人汽车等出行方式的选择等,短期的日常生

活选择包括每天的工作安排(在家工作还是通勤)、家庭生活活动安排、个人的休闲娱乐等自由活动的安排等。为了从这些选择行为决策过程中探知高压交通需求,生活类(life-oriented)日常出行需求预测以及基于市民生活行为学<sup>[9]</sup>的日常出行需求探知变得至关重要。

源于经济活动的日常交通运输需求也有中长期选择和短期选择的影响,如何从这些选择的影响中及时捕捉高压交通运输需求是一个巨大的挑战。发达国家的发展经验告诉我们,追随需求的供给会误导需求,因为新增的供给不仅可以满足尚未得到满足的预期需求,还会引发新的潜在需求。也就是说,为了缓解交通运输压力而增加的供给反而会继续扩大交通运输压力。这并非规划管理的本意,因此需要及时探知并予以应对。

#### ⑭ 告知、介入。

从以上两个方面减少交通运输压力首先需要厘清交通运输决策所需信息(即探知),这是因为信息是所有决策最重要的影响因素之一。交通运输决策者(交通运输系统的消费者和供应者)所拥有的信息未必包括低碳交通运输决策所需要的信息,因此有必要告知交通运输决策者这些信息。但是告知的信息未必能够自动减少交通运输压力,因此离不开适当有效的介入。

#### ⑮ 反应。

告知和介入的效果如何,取决于交通运输系统的消费者和供应者如何对被告知和介入的决策建议进行反应。交通运输活动者的反应是交通运输本身以及生活和经济活动决策的综合体,两者相互影响,任何忽略这种内在相互影响的告知和介入都不能实现预期效果。实现交通运输以及生活和经济活动的偶合反应是告知和介入成功的关键。

#### ⑯ 启蒙、强化、评估。

为了实现长期可持续发展的交通运输发展,介入应该优先启蒙,激励交通运输决策者自发的行为改变;如果启蒙效果不好,需要采用强化手段;上述各个步骤的效果如何需要评估。启蒙是启蒙交通运输行为决策者(供给方和需求方)在不降低生活质量和经济发展的前提下如何减少交通运输压力。从理论上讲,这个启蒙步骤应该作为环境教育的一部分来处理。以此为基础支持以政府和市民为核心的各种利益相关者的协作,去实施告知、介入的交通运输减压政策。

## ⑰ 协作。

利益相关者包括生活和经济活动以及交通运输的供给方、消费者、被影响者以及政府相关部门等。交通运输总量的控制和效率的提高不能一蹴而就,需要各个利益相关者长期不懈的协作。协作的前提是信息共享和互相信赖。这个步骤是治理(Governance)不可缺少的重要部分之一,即通过交通运输规划与管理的碳减排治理。治理有好的治理和坏的治理之分,适当的能力建设是好的治理的实现条件。能力建设首先要让每个利益相关者对造成交通运输领域碳排放的驱动力(Driving forces,如人口增长、经济发展和生活方式等)、具体的压力程度(Pressures,如碳排放总量)及其所带来的实际状态(States,如空气质量、城市热岛现象等)和影响(Impacts,如健康和生活质量的影响)感兴趣并正确理解。这样,各个利益相关者才可以有效地应对(Responses)碳减排所需要的协作。以上内容的理论基础是DPSIR+C理论框架<sup>[10]</sup>。

## ⑱ 传承。

为了服务于更大范围的低碳发展建设,以上的交通运输减压过程管理的经验传承也应该是跨国、跨区域、跨领域和跨世代的。交通运输和土地利用的耦合发展、产品和服务供应链的全球化和本土化的兼顾、技术取代交通运输和活动(如网上购物、远程办公和网络会议)等减少交通运输压力的经验都需要有效的传承。

### 3.4 减少为满足需求的高碳生活和经济活动量

这个环节包括两个方面:一方面和交通运输有关,另一方面和交通运输无关。例如网络商务会议不需要物理空间移动(即交通运输),几乎是零碳排放。相比而言,网上购物需要送货到门,因而产生碳排放。而同样是购物,如果能在居住地附近商场购买,就可以减少因为产品长距离运输过程中的碳排放;但是如果在附近商场购买的产品是从万里之遥的国外采购,其运输碳排放就会更高。企业生产也有类似的问题。

为了减少为满足需求的高碳生活和经济活动量,需要对生活和经济活动的所有过程进行无缝探知(⑲探知、检测),及时告知消费者、生产者、服务供给者并适当地介入其行为决策(⑳告知、介入)。消费者、生产

者、服务供给者可能对告知和介入进行积极的反应,也可能无动于衷(㉑反应)。因此,有必要对三者进行启蒙,如果效果不好,就需要强化介入(㉒启蒙、强化)。为了更有效地减少为满足需求的高碳生活和经济活动量,基于对以上的各个步骤的效果评估(㉓评估),构建政府-企业-公众的相互监督机制并以此促进协作(㉔协作)。

针对高碳生活和经济活动量的以上各个步骤的实施必须是跨领域的。而在大多数国家,各个行业大都是纵向管理,成为交通运输领域碳减排达标的一个巨大障碍。考虑到这个问题,碳减排的目标管理需要有法律制度保障的跨领域决策和协调机制,否则交通运输领域自身的碳减排效率和效果就会大打折扣。生活和经济活动量的碳排放与整个国家的经济发展模式有关,而且由于碳排放是生活和经济活动的非经济性,作为企业活动,这属于市场的失灵,因此跨越各个领域的碳减排政策的制定、实施、监管等必须是自上而下的,而且是全方位的。为了碳减排制定的法律法规和经济措施属于强化介入,技术开发可以直接和间接的实现碳减排,D, I, R, E, C的各个步骤都需要适当的技术开发作为支撑。这个环节涉及国民经济的所有领域,其规模之大、过程之复杂是可以想象的,更需要明确的目标制约和达标要求。这个环节的经验传承(㉕传承)应该是世界范围的。

### 3.5 改变高碳生活和经济需求

这个环节实施难度更大,因为涉及人的价值观。高碳需求(或高碳价值观)本身并不是消费者自身刻意追求的,而是源于实现消费者价值观或需求的经济产品或服务自身的高碳排放。现有的低碳经济产品或服务无法以同样的价格和方便性满足消费者的价值观或需求。因此,首先需要减少低碳经济产品或服务的供给价格以及满足生活和经济需求所能承受的一般费用(价格和方便性等的综合指标)之间的差距。这个环节的关键是如何实现供给方和需求方的价值共创。为此,产品、服务供给方首先需要通过各种渠道探知(㉖探知、检测)消费者对低碳产品、服务的预期,这种预期也会在体验现有产品或服务中形成。据此,产品、服务供给方开发消费者需要的低碳产品或服务,然后通过市场手段告知潜在的消费者并介入其购买决策

(㉔告知、介入)。企业的介入手段主要包括产品,服务的预先体验,市场宣传,促销活动,价格调控等。低碳产品或服务的市场(㉔反应)不是自动形成的,需要长时间的市场渗透和供给方不懈的努力,即循序渐进地启蒙消费者自发地理解和接受介入的低碳产品或服务的价值。但是,因为低碳产品、服务的普及初期非常艰难,供给方需要投入各种资源强化其介入。为了尽快回收开发投入,维持产品、服务在市场的长期可持续存在,进而最大化其收益,供给方需要对其市场行为做出评估(㉔启蒙、强化、评估)。低碳产品、服务的市场普及是市场行为,但是其具有重要的公益性,因此也需要政府的介入和公众的广泛参与和协作(㉔协作)。也就是说,政府和公众需要在其力所能及的范围内,实施上述企业主导的各个步骤。

上述的D, I, R, E, C各个步骤的实施是为了实现消费者(市民、企业、机关等)从高碳行为到低碳行为的转变。这种行为转变或变化需要理解消费者的消费决策过程和行为变化机理。这需要针对消费者的价值观、对各种社会规范的感知、对碳排放问题的兴趣、对改变高碳行为的各种障碍、对是否有改变高碳行为的意图等进行科学的理解、调查和分析。这些心理因素不是低碳行为特有的,也是其他环境行为或者社会行为共有的。由于这些心理因素在多种行为中共存,故低碳交通行为的变化可能只有在实现其他低碳行为变化的情况下才可能实现,而低碳行为的变化可能只有在实现其他环境行为变化或社会行为变化的情况下才可能实现。因此,改变高碳生活和经济需求需要全社会对更一般的环境问题甚至社会问题认真应对,否则可能会导致众多利益相关者的巨大努力前功尽弃。

改变高碳生活和经济需求的经验传承(㉔传承)需要注重人们的心理因素在碳减排中的作用,促进长期可持续的生活方式和经济发展模式的变革。这种改变最终应该是自发而不是强制的,因此需要加强可持续发展的全民教育。全球范围的碳减排需要各国的努力,国与国之间的传承还需要重视文化的差异。

### 3.6 人口政策

这个环节包括两个方面:1)与人口数量有关的城市发展规模;2)与人口密度与分布

有关的城市发展质量。人口规模决定碳排放总量,优化人口密度与分布可以减少单位人口的碳排放。为此,需要关注和应对有增加碳排放的人口发展趋势。基于人口的城市发展是个长期的政策决策对象,因此人口发展趋势需要长期持续的观测。

某个城镇的人口规模取决于和其他城镇的相对竞争力。对比城镇A和B,如果城镇A更有吸引力,而且到两个城镇的单位人口迁移费用一样,自然有更多的人口流入城镇A而不是城镇B。在这个例子中,除了各自的城镇发展政策以外,两个城镇所在国家或区域(省份)的发展政策也会影响各自的人口规模。因此,探知(㉔)与告知、介入(㉔)城镇人口规模的发展趋势仅靠每个城镇各自的努力是不够的,也不科学。人口规模发展趋势的长期持续观测属于探知,将探知的结果公示于众并以此影响潜在迁移者自发的决策属于告知。如果这种告知无法实现预期的基于人口规模的碳减排目标,就需要通过介入改变潜在迁移者自发的决策(㉔反应)。基于推拉理论,人口规模介入政策可以分为人口吸引方的政策(如中小城市的人口吸引政策)和人口被吸引方的政策(如巨大城市的人口分散政策)两种。人口规模介入政策首先应该以启蒙(㉔)的方式激励潜在迁移者自发的决策,如果介入效果不好,可以考虑强化(㉔)介入手段(如增加迁入障碍进而增加迁入费用)。以上四个步骤的效果如何需要评估(㉔)。人口规模是几乎所有公共政策决策的最基本指标,其适宜与否不应该只是从碳减排效果来评估,这给基于人口的碳减排政策决策带来巨大难度。

城镇的人口密度与分布是城市规划与管理最重要的目标之一。DIRECT理论框架也可以用于城市规划的过程管理:探知人口密度与分布的现状与动向,以此为基础告知和介入人口移动,启蒙和强化告知、介入的城市规划与管理,评估以上各个步骤的效果,以此为基础支持以政府和市民为核心的各种利益相关者的协作(㉔),去实施告知、介入的城市规划与管理。

人口政策的传承(㉔)需要重视适度的人口规模、分布和密度。大城市群的发展有利于增强国家整体的国际竞争力,但前提是其发展的国际化。中小城市的发展不容忽略,基于人口的区域间平衡的国土空间规划至关重要。

## 4 结语

碳减排目标的实现是全人类共同努力的目标,碳减排是个极其复杂且巨大的系统工程,需要各国的共同努力和合作。由于人类对化石燃料的长期依存,碳减排任务极其艰巨,既需要变革性的技术革新,也需要大幅度地改变经济发展模式和人们的生活方式,这些更需要强有力的政策支持。尤其是如何改变生活方式和企业经营方式至关重要,为此需要科学地理解人的行为、组织行为和政府行为等。文献[8]主张需要从行为学的角度科学地融合交通运输领域和能源领域的协同发展,并提出21条减少交通领域能源消费的策略(政策需要整合;行为介入应连续进行;交通运输和能源政策的制定应该适当应对不同参与者的不同反应;应该实施环境价格政策;用于个人使用的技术应在适当的水平上开发;土地使用应该和适当的交通运输系统匹配;减少对汽车的依赖应考虑它如何影响人们的日常生活;应该提倡共享出行;城市边界应得到适当控制;一个城市应该步行友好,步行环境应该安全舒适;社区应该满足居民的大部分生活需求;交通运输系统应该是综合的且负担得起的;应优先考虑公共交通,并确保不同公共交通模式的无缝连接;应促进以经济适用房为导向的公交导向发展(TOD);在整个生命周期中,交通运输设施、车辆和设备都应该是环保的;交通运输需求应得到更好的管理;与交通运输有关的能源消耗问题应在跨领域计划下解决;负责任的交通运输和能源政策的制定具有行为机制的模型支持;在制定交通运输和能源计划、政策后,应对其进行连续的适当检测;利益相关者的行为应该得到更好的理解;先进技术应该供所有国家使用)。本文提出更全面系统的碳减排方法论。首先提出交通运输领域的碳减排恒等式,从六个环节实现交通运输领域的碳减排目标,针对每一个环节又提出如何基于由六个步骤构成的DIRECT方法论进行碳减排过程管理。该方法可概括为交通运输领域碳减排的无缝一体化政策和实施的六环六步法。六个环节之间、六个步骤之间以及各个环节和步骤之间都不是独立的,而是相辅相成。因为篇幅限制,本文只是对这个六环六步法进行了概念性的描述,希望能给疫情后交通运输领域的碳减排提供新的思路。

参考文献:

References:

- [1] Liu Z, Ciais P, Deng Z, et al. Near-Real-Time Monitoring of Global CO<sub>2</sub> Emissions Reveals the Effects of the COVID-19 Pandemic[J]. *Nature Communications*, 2020, 11(1): 1-12.
- [2] Tollefson J. COVID Curbed Carbon Emissions in 2020: But Not by Much[J/OL]. *Nature*, 2021, 589(7842). <https://doi.org/10.1038/d41586-021-00090-3>.
- [3] Zhang J, Hayashi Y, Frank L D. COVID-19 and Transport: Findings from a World- Wide Expert Survey[J]. *Transport Policy*, 2021, 103: 68-85.
- [4] Zhang J, Hayashi Y, Rothengatter W, et al. The COVID-19 Pandemic and Transport Policy: State of the Art and State of the Practice: Observations from the International E-Conference on Pandemics and Transport Policy (ICPT2020)[C]// Seetha Ram K E, Rothengatter W, Hayashi Y. *Frontiers in High-Speed Rail Development*. Tokyo: Asian Development Bank Institute, 2021 (in press).
- [5] Rothengatter W, Zhang J, Hayashi H, et al. Pandemic Waves and the Time after COVID-19: Consequences for the Transportation Sector[J]. *Transport Policy*, 2021, 110: 225-237.
- [6] IEA. Transport: Improving the Sustainability of Passenger and Freight Transport[EB/OL]. 2020[2021-05-17]. <https://www.iea.org/topics/transport>.
- [7] US Energy Information Administration. International Energy Outlook 2020 Chapter 8: Transportation Sector Energy Consumption[R/OL]. 2020[2021-05-17]. <https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/transportation.pdf>.
- [8] Zhang J. *Transport and Energy Research: A Behavioral Perspective (1st Edition)*[M]. Amsterdam: Elsevier, 2019.
- [9] Zhang J. *Life-Oriented Behavioral Research for Urban Policy*[M]. Berlin: Springer, 2017.
- [10] Zhang J. Social Capacity Building for Environmental Management Related to Transportation Sector: A Broader Perspective[C]// Zhang J, Feng C M. *Routledge Handbook of Transport in Asia*. London: Routledge, 2018: 446-494.