

德勤95页PPT：公路货运去碳化

导读

道路运输几乎涵盖了我们现代社会日常所需的一切。公路货运在疫情期间发挥了至关重要的作用。总共拥有大约300万家货运公司和2.17亿辆货车的公路货运行业，碳排放占全球二氧化碳排放总量的9%——而公路货运的市场需求到2050年预计将翻倍。那么，一个组成如此复杂的行业，该如何携手采取必要措施来减少碳排放呢？



公路货运去碳化： 整装待发

行业洞察

www.shell.com/DecarbonisingRoadFreight
#MakeTheFuture



壳牌与德勤公司联合发布

Deloitte.

目录

3	前言	51	新范式：去碳化解决方案
5	摘要		变革的信号
16	我们的现状		临界点 - 超越规划和设计
	推进去碳化的因素		从行驶周期的角度着手
	公路货运行业的温室气体排放		解决方案
25	僵局：去碳化阻碍		马上行动起来
	去碳化准备情况：总结		形成滚雪球效应
	1. 市场和客户需求		创造成功的条件
	2. 监管激励		实现规模化发展
	3. 技术一致	77	路线图：加速脱碳
	4. 角色和决策明确		动机和直接着手点
	5. 资产更新换代的容易度		技术时间表
	6. 基础设施更新换代的容易度		让我们行动起来吧
	利益相关者对去碳化阻碍因素的观点	86	地区差异
			印度
			中国
			美国
			欧洲
		99	鸣谢和参考资料

前言

当今世界正处于一个瞬息万变的时期。从新冠疫情大爆发的直接冲击，到气候变化的长期影响，我们的世界面临着巨大的挑战。但是，即便面临诸多不确定，2020年也向我们证明了，只要团结一心，我们的世界就能充满力量和希望。纵观全球，企业和政府都在设定与《巴黎协定》一致的气候目标。

近1,400家企业、450多个城市和120多个国家¹加入了这个史上规模最大的联盟，致力于在2050年前停止增加大气中的温室气体排放量。这意味着我们需要在短短几十年里实现净零排放。完成如此艰巨的目标，需要开展广泛的合作。

去年4月，壳牌也公布了自己的宏伟目标，在2050年或更早成为一家净零排放的能源公司，与全社会和客户保持步调一致²。这需要以前所未有的方式和规模与外界展开合作。2020年，我们发布了《空运脱碳齐心协力》报告。这增强了我们与难减排行业的客户及业务伙伴的合作。报告为壳牌公司的战略提供了行业洞察，并鼓励空运业作出减少碳排放的承诺。这一次，我很荣幸地向大家推出与道路运输行业合作的第二份报告。

道路运输几乎涵盖了现代社会日常所需的一切。公路货运在疫情期间发挥了至关重要的作用。总共拥有大约300万家货运公司和2.17亿辆货车的公路货运行业，碳排放占全球二氧化碳排放总量的9%——而公路货运的市场需求到2050年预计将翻倍。那么，一个组成如此复杂的行业，该如何携手采取必要措施来减少碳排放呢？

紧迫的形势及合作的需要，促成了此次报告。报告基于我们对公路货运行业所进行的150多场采访，包含物流公司、主机厂和监管机构等。报告提出了22种解决方案，可帮助该行业现在就开始减少排放，并加快向低排放和零排放车辆过渡。

其中有可以立即实行的解决方案，包括增加已有技术的应用，譬如，在服务于同城短途

货运的轻卡上使用电池技术。长远来看，则包括使用氢燃料驱动载重量更大的长途重型货运卡车。同时，这些解决方案也需要更大力度的监管、更大规模的生产和更完善的基础设施以维持增长。所有解决方案的实施都离不开协作。

壳牌合作的承运商拥有约3,000辆重卡，它们负责为壳牌在全球近45,000个油站运送燃油。除了提供燃油、润滑油及车辆充电服务，壳牌也在发展从制氢到建设加氢站网络

的氢能项目。我们的同系列报告《公路货运去碳化：壳牌的前进之路》，阐述了壳牌为帮助公路货运行业减排而在采取的行动。

这些解决方案所提供的行动计划，为公路货运业到2050年实现净零排放指明了道路。我相信这个目标是可以实现的，因为公路货运行业不仅已有所行动，更有长远的布局。报告显示，整个行业不仅在为变革积极地准备，且已整装待发准备踏上通往未来的旅程！



海博Huibert Vigeveno
壳牌集团下游业务执行董事

调研目的

本研究报告总结了150多名高管和专家的观点，他们来自22个不同国家的公路货运行业，代表涵盖几乎所有细分领域的123家组织机构（请参阅附件01）。其目的在于：

- **采用全面视角。**许多去碳化研究侧重于孤立的特定挑战或利益相关群体。考虑到因素之间的相互影响，有必要以更全面的视角去研究公路货运行业中的经济、监管和组织因素等等。
 - **倾听行业声音。**这不是单个利益相关群体能单独完成的事业，它需要每个参与者都能贡献一己之力。这意味着有必要了解不同群体和地区的不同动机及挑战，以制定出有效的解决方案。
 - **明确切实可行的前进之路。**参加本次调研的是公路货运行业领袖，他们正处于需要作出去碳化决定的关键时刻。我们与他们携手找到解决方案，并制定出能帮助该行业立即行动起来、指明前进路线的路线图。
- 本报告旨在强调受访者在采访和研讨会中与我们分享的见解，不代表壳牌或德勤的立场。与受访者之间的所有接触，都以尊重竞争法的方式进行。

01 调研对象

158 位公路货运行业利益相关者.....

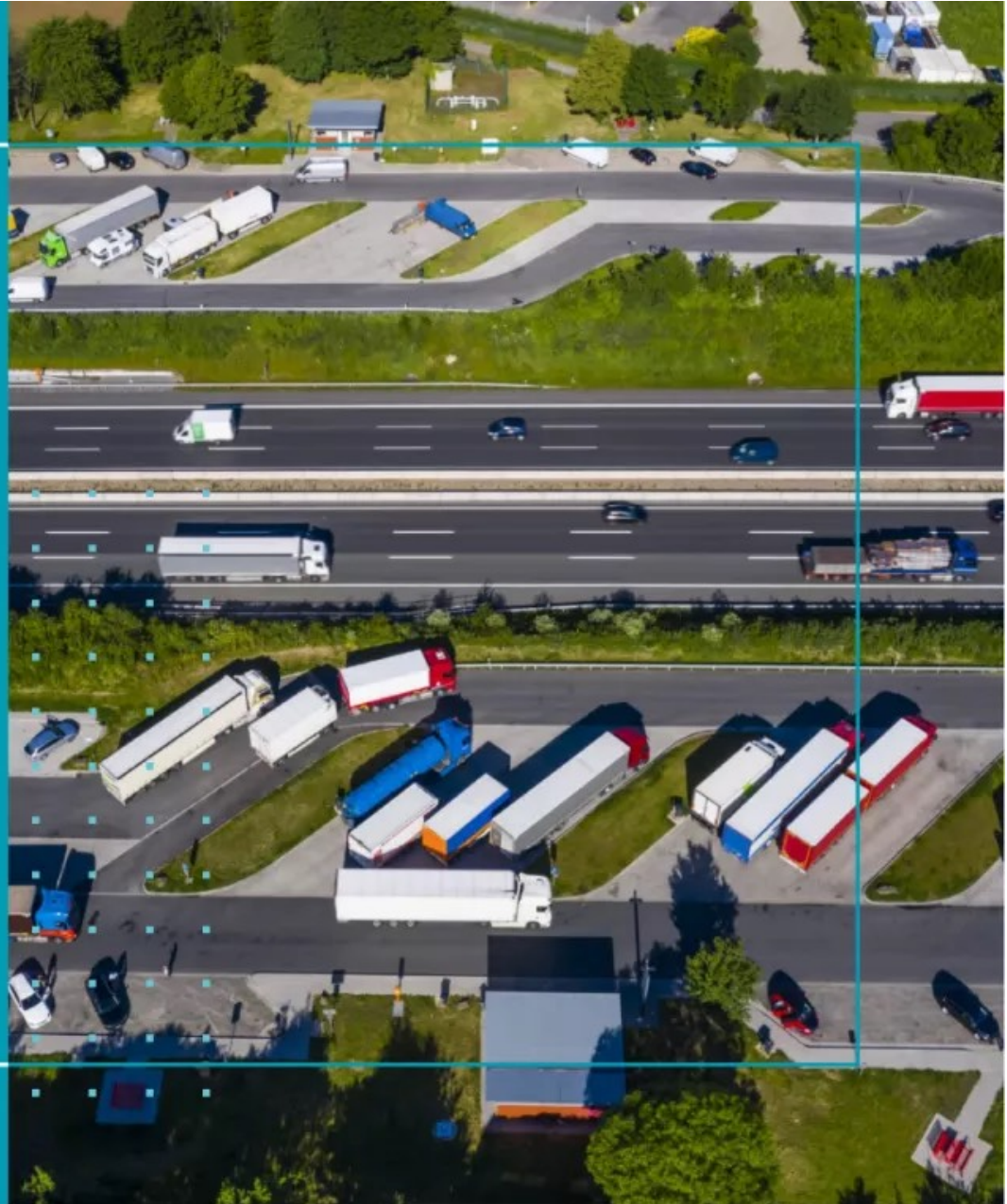
35 CEOs和高管	49 物流领导者和专家	40 可持续发展领导者和专家	28 战略制定者和创新专家	6 政策和法规专家
---------------	----------------	-------------------	------------------	--------------

.....代表123家组织机构

3 排名前五的第三方物流公司	3 排名前五的服装公司	4 排名前五的卡车生产厂商 ¹	2 排名前五的FMCG ²	2 排名前五的零售商	5 知名NGO ³
53欧洲 ⁴		45亚洲		25北美	
39 3PL ⁵ 、物流公司和快递公司	27 货主和私人车队老板	35 CEO和高管	19 技术和基础设施提供商	26 行业组织、NGO、监管机构 and 金融机构	

说明： [1] OEM的全称是“原始设备制造商”，在本报告中特指卡车生产厂商； [2] FMCG是指快速消费品公司； [3] NGO是指非政府组织； [4] 地区代表的是公司总部所在地区，但大多数受访组织都是跨国组织； [5] 3PL是指第三方合同物流公司

摘要



公路货运是全球供应链中最具可见性、最灵活的部分。道路运输几乎涵盖了我们现代社会日常所需要的一切。在当前新冠肺炎疫情期间，我们都刚刚切身体会到公路货运能将必需品运送到最需要的地方是何等重要。但公路货运行业具有高度的分散性，全球总共有300万家货运公司经营着2.17亿辆厢式货车、卡车和巴士，这也使其成为温室气体（GHG）排放大户之一。公路货运行业的二氧化碳排放，大约占全球总量的9%，而其中一半以上来自美国、欧洲、中国和印度³。随着全球经济未来几年甚至几十年逐步回暖，公路货运行业的碳排放也将随之增加。

该行业约60%的二氧化碳排放来自于约6,300万辆中型和重型卡车（分别简称为“MDT”和“HDT”）⁴，它们也是本次的重点研究对象。在如今的柴油动力系统驱动下，这些大车承载着比自重大多数倍的货物，每天行驶数百公里。这些特点使得MDT和HDT成了难减排的车类。

为实现《巴黎协定》目标，公路货运行业的绝对碳排放，到2050年必须降低近60%——而同期公路货运体量则有可能增加一倍。这意味着，该行业必须用不到30年的时间将碳排放强度降低80%以上⁵。而更紧迫的是，该行业的碳排放强度必须在2030年之前降低30%左右。按照目前的发展轨迹，公路货运业不可能达成《巴黎协定》目标。显然需要共同的努力来突破这一挑战，协同全行业实施有效的解决方案。

通过采访来自全球公路货运行业的150多名高管和专家，我们已将通常看上去难以对付的挑战分解成能解决的具体问题。为此，我们采取了着眼于整个生态圈的、更全面的视角来研究去碳化，聚焦于三个核心问题：“公路货运行业为何应当改变？公路货运行业能否改变？公路货运行业能以多快的速度改变？”。采访围绕这三个核心问题获得了六条重要发现（请参阅附件02）。

02 调研的重要发现

公路货运行业为何应当改变？		2. 公路货运的去碳化，由于监管和市场压力增大正 接近临界点 ， 去碳化速度将超预期 。
公路货运行业能否改变？	1. 行业面临一些阻碍去碳化的因素，主要包括 基础设施有限、监管激励不足和货主的需求有限 。	3. 为找到可行的低排放和零排放技术，行业必须从 车辆行驶周期 的角度着手。
		4. 通过围绕 22种解决方案 展开合作，行业将能 立即开始减排 ，并 加速 向低排放和零排放卡车过渡。
公路货运行业能以多快的速度改变？		5. 行业已制定 去碳化路线图 ，到 2020年代末就能开始大规模部署 低排放和零排放卡车。 6. 实现大幅减排需要 全球共同努力 ，需要走在前面的地区和企业 分享经验 ，帮助其他国家实现跨越式发展。

去碳化面临的阻碍

1. 调研的重要发现

行业面临一些阻碍去碳化的因素，主要包括**基础设施有限、监管激励不足以及货主的需求有限。**

车和柴油成本相对低廉，加油站乎随处可见，是公路货运行业目前具有吸引力和灵活性的基础。约80%的受访者认为快速电池充电和加氢基础设施不足是限制因素之一，因为“除非确信加氢或充电都很方便，否则没有哪个老板会去尝试新型卡车。”——正如一位车队老板所说。受访者强调，可再生能源供应不足是造成基础设施匮乏的关键原因之一。一位公路货运投资者指出：“首先必须解决绿色电力和氢能供应不足的问题。否则，BEV和FCEV都无法有所作为。”

受访者还指出，去碳化所需要的替代技术——即：纯电动汽车（BEV）和燃料电池电动汽车（FCEV）——仍然“昂贵得令人望而却步。”

约80%的受访者认为，转型初期缺乏强有力的监管激励来弥合这一成本差异，是阻碍车队老板大规模投资低排放和零排放卡车的重要原因之一。

约70%的受访者认为，货主激励低排放公路货运服务的意愿，对于促进去碳化投资至关重要。虽然许多货主在董事会上作出可持续发展承诺，有时也跟物流公司问及低排放卡车，但在采购标准方面，目前仍缺乏相应的激励。正如一家大型物流公司的高管所说：“物流的低价竞争压力非常大。”

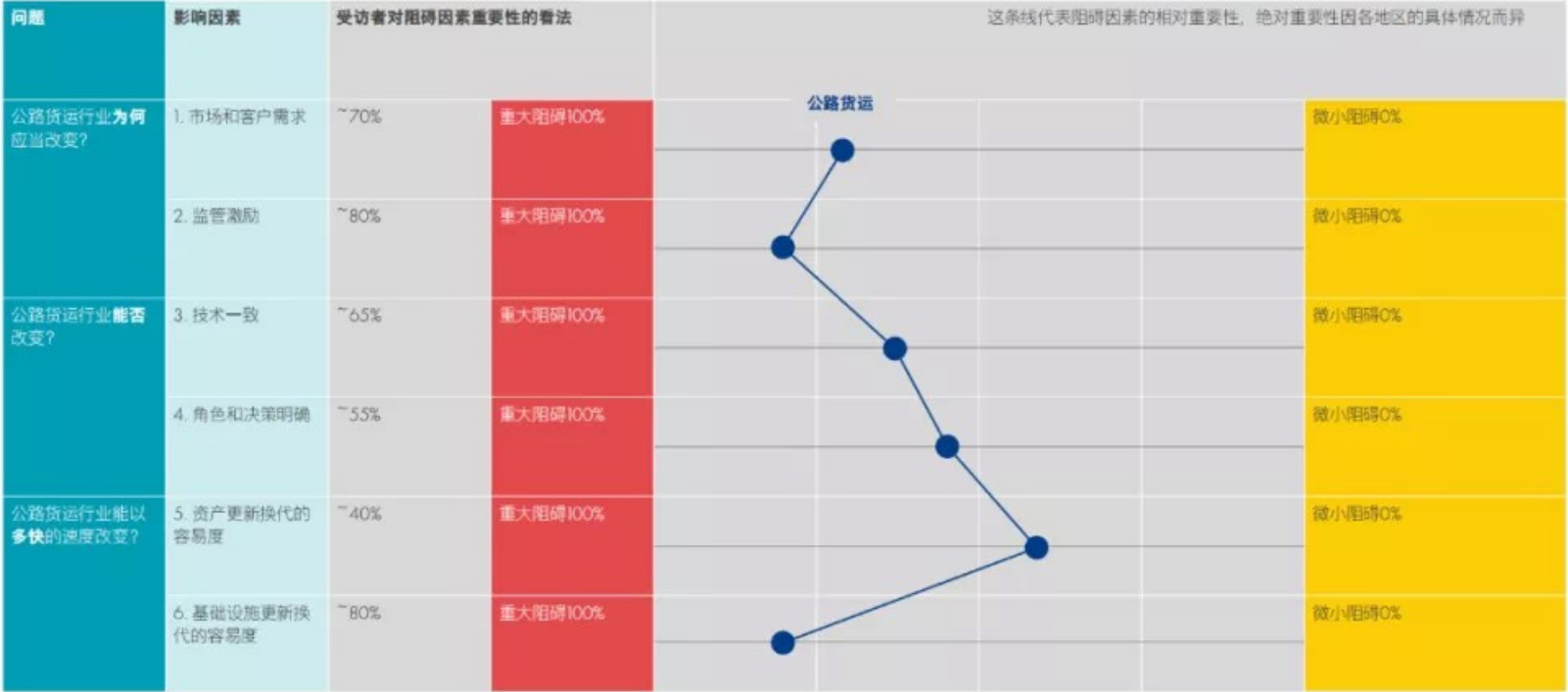
受访者提及次数最多的是这三个阻碍因素，同时也提到了许多其他挑战。例如，许多车队老板指出，虽然替代技术已经具备，但原始设备制造商（OEM）迟迟难以大规模地生产新型卡车。这些受访者解释说，OEM想等到需求更确定时再生产，而这主要是因为OEM需要平衡主流柴油卡车的需求和短期的投资者预期。有些受访者解释道，新型卡车的需求因为其残值不确定（即，一手车主能否在二手市场以有吸引力的价格转卖新型卡车）而受到限制。

许多受访者反而认为在替代技术上市之前也有减排机会——这主要是因为当前车队的管理

通常效率低下，正如一名物流高管所说：“高达50%的卡车在空载卡车跑。”



03 去碳化面临的阻碍



新范式

2. 调研的重要发现

公路货运的去碳化，由于监管和市场压力增大正接近临界点，去碳化速度将超预期。

虽然行业利益相关者强烈意识到未来的挑战，但该行也呈现出实实在在的乐观情绪。这种乐观，是基于世界各地的政商领袖所作出的大胆减排承诺，其中包括：欧盟（EU）到2050年实现碳中和的计划，中国到2060年实现净零排放的目标，等等。许多受访者表示，从需求增长和加快监管到成熟的技术，去碳化事业过去几年在几乎所有方面都取得了前所未有的进展。该行业在去碳化道路上正迈入一个全新的阶段，以至于有些受访者甚至说“公路货运已不再是‘难减排’的行业了。”

在需求侧，大型货主面临来自客户、投资者和员工越来越大的供应链减排压力。这种压力已经开始转化为实际行动，主要体现在，有自营车队的货主大力推进、大规模地投资低排放和零排放技术。

“对于去碳化，我们现在开始真正做到言行一致，因为我们知道，对社会有利的事，对企业也有利。”

跨国货主

监管机构并没有停滞不前，几乎每周都有地区、国家甚至城市公布新的、更有雄心的去碳化路径。许多受访者对于这些进展感到非常满意，因为“虽然《财富》500强公司或许可以独立完成任务，但所有其他企业都需要政策支持。”受访者预计未来5年监管还会加速，且从2025年开始，大多数地区的目标可能逐渐趋于一致。对绿色能源项目（比如欧盟的“氢能路线图”）的投资不断增多，也反映出为降低成本和创造更丰富的可持续燃料来源所需要的共同行动。

在这样的背景下，70%以上的受访者将公路货运去碳化视为所在组织的第一大或前三大优先事项。许多利益相关者认为该行业正接近临界点，去碳化速度将超预期。通过将公路货运行业与其他正在转型的行业对比，有位受访者指出，研究表明，在经历重大转型



期间“中途一切看上去都是失败的，但其实正在取得重大进展。”

虽然尚不具备商业可行性，但公路货运去碳化所需的技术已然存在，并且大多数汽车厂商都在研发FCEV和BEV。当一切都开始步入正轨，再配合同步的激励措施，卡车的规模化生产，以及随处可见的基础设施，整个行业就能看到明显的进步。

“有许多我们在10年或20年前根本想象不到的机会。”

物流公司

3. 调研的重要发现

为找到可行的低排放和零排放技术，行业必须从车辆行驶周期的角度着手。

在分析适用于公路货运的替代技术时，大多数研究都着眼于卡车规格。从这个简单的视角来看，卡车越大，去碳化难度越高。而事实上，该行业拥有的大约6,300万辆中重卡的使用场景截然不同。它们是错综复杂的物流网络的一部分，有的用于在相隔数千公里的工厂之间运输物资，而有的负责给市区里的超市运送食品。

要为该行业的去碳化建言献策，需要更深入地了解卡车的使用方式。必须看到更多方面的因素，譬如行驶距离，覆盖区域，路线的可预测和可重复性，以及休息次数和时长等。这有助于行业尽早改进特定的行驶周期，而不是被动地等待全面优化的解决方案。行业利益相关者有些情况下可以选择从根本上去重塑供应链，以发挥新兴技术的优势，提高车队运营效率。而且越来越明显的是，长时间内“都不会有普遍适用的解决方案”；行业必须根据不同的应用来选择不同的技术。纯电动卡车和氢燃料电池卡车都有用武之地。



解决方案

4. 调研的重要发现

通过围绕**22种解决方案展开合作**，行业将能**立即开始减排**，并**加速向低排放和零排放卡车过渡**。

受访者承认，公路货运去碳化的挑战之艰巨，是任何一家组织或一个利益相关者群体都不可能单独战胜的。该行业只能选择以协作的方式，来充分把握不断变化的范式且快速取得进展，一位物流公司高管甚至催促道：“我们不要再去纠结是应先有基础设施，还是先生产卡车的问题，而是应该现在就携起手来，促使整个生态圈作出改变。”

从研究、采访和研讨会中得出的22个解决方案或行动建议，进一步明确了生态圈为何及何处需要协作。这些解决方案展示了业内已经存在的大量想法和倡议，必须采取的各种行动，以及必须参与的利益相关者。行业利益相关者应以共担转型成本和共享转型利益的方式进行协作，以保证行动计划的自我维持能力，克服剩余的去碳化阻碍。

22个解决方案根据它们的共同点可以分成四大类：

- **马上行动起来。**可以立即实施的解决方案，利用已有的技术，能在中短期内实现大幅减排。第一，负责最后一公里运输的车辆和市内巴士大多数可以采用电动车，以减少城市污染和噪音。第二，行业应专注于利用成熟且能节省成本的技术，来减少现有车队的碳排放。譬如，通过采用数字化的数据分析工具来减少公路上空载卡车的数量，通过使用能减小摩擦的轮胎和润滑油，改进空气动力学特性和驾驶辅助装置，来提高卡车本身的效率。第三，在供应量充足的地方，可以采取液化天然气（LNG）、压缩天然气（CNG）、生物LNG和生物柴油这些过渡解决方案来减少尾气排放。这有时可以包括碳补偿，但它们不能取代对零碳技术的投资，且应被用于对去碳化路径有帮助的项目，如可再生能源发电。
- **形成滚雪球效应。**为大规模地部署零排放车辆，车队老板、基础设施提供商和车辆生产厂商，应在货运体量大的产业集群和通道中，联合进行卡车和基础设施试点。对替代技术的需求，必须通过更重视承





运商碳排放的货主，及设计出绿色融资产品（主要应面向小型车队老板）的金融机构，来进一步地刺激。车队老板一起作出联合采购承诺，可使车辆生产厂商更愿意投资。通过与燃料电池和充电电池生产厂家等进行技术合作，车辆生产厂商可以加速卡车的商业化。通过提高转卖价格的确定性，创新的盈利模式可以帮助降低车队老板的风险。越多卡车上路，意味着可靠性越高，成本越低，且基础设施越多，这又能激励进一步投资。一位投资者表示：“先建好，才能把人引来。”这句话表示需要果断地采取行动，而有气魄的先行者定能收获意想不到的回报。

- **创造成功的条件。**同时，行业应给予利益相关者激励来推动零排放卡车的广泛使用。监管机构此时可以起到关键作用，包括加大对车辆生产厂商、能源公司和车主的激励，给出明确的监管路

径，以及打造城市间的合作等。监管激励在转型初期尤为重要，因为正如一位技术提供商所说：“**我们需要在绿色卡车的市场需求远未达到规模之前就开始投资新型卡车。要弥合这一时间差，我们需要外界的帮助**”。监管机构还可与能源公司及行业协会合作，为电池充电和加氢设定标准。行业协会也可设置标准和认证体系，以评估车队的碳排放强度，为运输服务采购者提供可靠的指标。货主应重视提高消费者对低碳运输的认识，而车辆生产厂商可通过与其他行业协作来加大研发力度。最后，关键行业利益相关者应分享非竞争敏感信息，来促进替代技术的应用。

- **实现规模化发展。**随着需求和供应的增长，行业将专注于卡车和燃料的大规模生产，确保维修能力，及与其他技术路径相结合。

路线图

5. 调研的重要发现

行业已制定去碳化路线图，到**2020年代末**就能开始大规模地部署低排放和零排放卡车。

公路货运已经踏上去碳化的道路。行业利益相关者可以选择在技术、市场和监管方面目前都已取得巨大进展的产品。重要的是，与其他难减排的行业（如空运）相比，公路货运行业的卡车体型小，价格更便宜，寿命也较短。这使得公路货运行业的利益相关者能更快地进行技术的更新换代——比如，通过立即开始投资LNG、CNG、生物LNG或生物柴油等，并在具备可行性后转向BEV和FCEV。

为完成《巴黎协定》目标，零排放卡车必须具备商业可行性，且必须在2020年代末就大规模地进驻车队。许多受访者认为这是可以做到的，但需要整个行业果断地行动起来，在接下来的两年内就开始着手实施前十个解决方案。最初几年的目标是，充分利用现有

技术快速减排，同时大幅扩展替代技术的试点范围。与此同时，货主必须开始将董事会上的去碳化承诺转化为消费者诉求，而各级监管机构必须绘制出未来十年的政策发展路径。

“不要等待完美无瑕的解决方案出现。试点、快速学习及部署，才是正确的选择。”

货主

了解不同利益相关者的动机和行为是成功的关键。例如，有自营车队的货主已为推动去碳化发挥了重要作用，因为它们对所用技术有更大的掌控权，能看到投资可持续性技术的更多益处。相比之下，投资替代技术的金融机构，则需要更多的偿债能力保证，可以是货主与运输公司之间签订的长期合约，或者是卡车的价值担保。监管机构出台针对性的激励措施，对于促进技术的应用也很有帮助。

在2025年之前，行业必须加大研发投入，并开始向商业车队中部署FCEV和BEV。来自货主、金融机构和车辆生产厂商的激励，对于刺激初期需求至关重要。本阶段还必须实现电池充电和氢燃料电池基础设施的标准化，以支持更大范围的推广和互通性。



到2020年代末，随着基础设施提供商和车辆生产厂商都已实现规模化生产，低排放和零排放卡车的价格将与柴油卡车更接近，并将开始大规模地进驻车队。

6. 调研的重要发现

实现大幅减排，需要**全球共同努力**，需要走在前面的地区和企业**分享经验**，帮助其他国家实现跨越式发展。

公路货运去碳化是个全球性挑战。欧洲和美国的碳排放总和占全球排放总量的30%，但这一比例将随着其他市场的成长而进一步下降。虽然欧洲历来都被视为可持续发展方面的佼佼者，但就公路货运去碳化议程而言，中国在许多方面已经领先于欧洲，正如一位行业组织的代表所指出的：“中国投入了巨额资金发展巴士的替代技术，在重型卡车的氢燃料经济性上也走在前列。”为能在全球范围内实现大幅减排，其他大国（如印度、非洲和南美的诸多国家）必须加快他们的行动步伐。

虽然本研究中确定的解决方案在全球都适用，但每个市场所面临的具体情况却不同，必须通过转型来解决的挑战也不同。最先实施哪些解决方案，取决于燃料供应是否充足，技术是否成熟，以及基础设施是否便利。例如，在有些国家或地区（如印度），过渡燃料和柴油机的现代化改造可能在更长时间内占据重要地位，而在中国和欧盟等其他国家和地区，氢能已是产业发展战略的一部分，因此将能更早地获得支持。

无论哪种情况，跨境合作和多国协同行动，都将是加快相互学习的关键。如此，解决方案在一个地区成熟之后，即可直接应用到其他地区，帮助他们在去碳化路途上取得跨越式进步。

一开始可能是少数几家志同道合的企业打头阵，合力创造转型动力。作为先行者，它们将能更早地接触到不同的见解，并有能力分担风险和投资成本，朝着对它们有利的方向引导转型。它们在转型初期与客户及其他业内组织进行的接触，未来将能帮助重建和巩固彼此的关系。

在这些先期行动取得成效之后，更多公司将加入进来，形成所需的规模效应，给整个行业都带来影响。

前进的路线已经清晰，现在只需要**“行动起来”**了。



04 解决方案实施路线图



说明：解决方案的实施时间与大多数活动的预计实施时间有关；但大多数解决方案同时需要短期、中期和/或长期的努力。

我们的现状



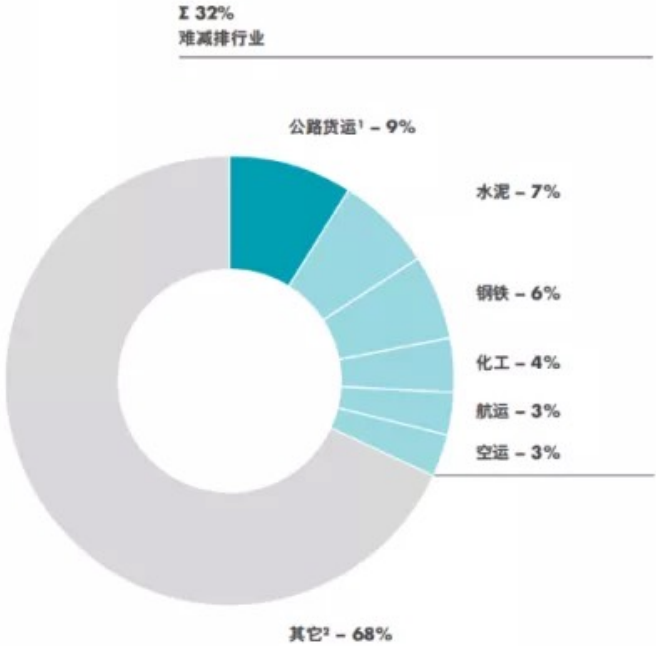
推进去碳化的因素

2015《巴黎协定》提出了将全球变暖控制在对比工业化前2°C以内并向1.5°C努力的远大目标，这在一定程度上要求我们到2050年实现净碳中和。作为响应，许多国家、行业及个别组织陆续设定限制碳排放的目标，并开始规划实现目标的行动步骤。

全球、国家、地区、部门和地方层面都在采取行动，释放出许多积极信号，但在应对气候变化方面我们能做的还有很多。联合国环境署指出：“按照当前《巴黎协定》中的无条件承诺，全球升温预计将达到3.2°C。”必须采取行业特定的、更有的放矢的行动导向式方法来推进和加速去碳化事业。

这一挑战在六个难减排的行业中尤为突出，而据国际能源署（IEA）估计，目前全球大约32%的碳排放来自于这些行业（请参阅附件05）。这些行业的共同点有：资产寿命周期长，能源依赖度高，电气化难度高等。因此，相比其它行业，这些行业的去碳化速度更慢，资金更密集，且技术要求更苛刻。随着其它行业的去碳化速度不断加快，难减排行业面临的压力和关注预计都将更大。

05 2018年全球的碳排放情况（按行业）



资料来源：国际能源署（IEA），全球1990-2018年的碳排放（按行业）；2000-2030年期间在可持续发展远景下的碳排放：（1）工业，（2）交通运输，及（3）重型车：德勤分析。
说明：（1）包括ICV、MDT、HDT和巴士（碳排放占1.5%）；（2）包括电力（46.5%）、其它交通方式（10.6%）、建筑（8.6%）、原料（1.9%）和其它行业（1.6%）

公路货运行业的温室气体排放

我们的现状：公路货运是维持全球经济和日常生活的根本。它的碳排放占全球总量的9%，其中一半以上来自美国、欧洲、中国和印度。

从超市货架上的牛奶，到建造房屋所需的水泥，道路运输几乎涵盖了现代社会日常所需的一切。*“但凡你能想到的产品，随便提几个，我们都曾用卡车运输过，而且很有可能最近就运输过。”*一位大型物流公司老板这样说。公路货运行业在全球供应链中扮演着至关重要的角色，因为卡车属于最灵活的运输工具，能穿梭在市区地带，能与私家车共享加油和道路基础设施，无需专门的资源。新冠疫情的爆发更加突出了公路货运行业的重要性。它将必需品运送到最需要的地方，推动了送货上门服务的增加，让人们不必为了购买日常所需而外出。

全球共有约300万家公司在从事公路货运⁶。许多都是小微企业，从而导致该行业高度分散、竞争激烈且利润率低。这些公司每年运输的货物接近22亿吨·公里⁷。这大致相当于让一辆载有20吨货物的大卡车绕赤道行驶3000万圈。

由于应用广泛，卡车连同与之相近的巴士车类排放了全球约9%的二氧化碳，排放量接近航运的三倍。然而，相比航运的碳排放是来自于近5万艘船舶，全球保有的货车总数约有2.17亿辆，包括厢式货车、卡车和巴士等（请参阅附件06）。其中大约6,300万辆是MDT和HDT，这两个车类的碳排放占公路货运碳排放总量的60%左右。



06 全球的公路货运车队（含巴士和长途汽车）



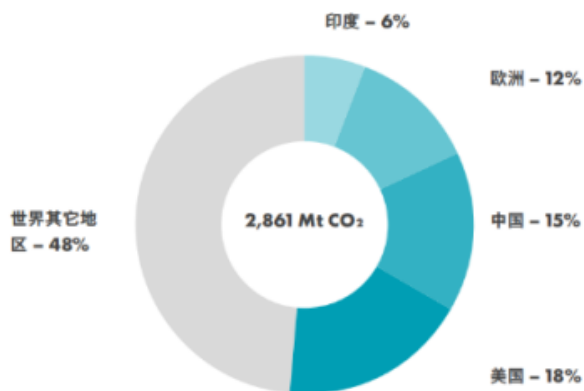
资料来源：IEA, “卡车的未来”；OECD；IEA, “能源技术洞察”；IEA, “2020运输追踪”；德勤分析

说明：（1）虽有例外，但吨位是决定未来的燃料选择的主要因素；GVWR吨位 [1,000 kg] → 车辆额定总重；（2）欧洲统计局（Eurostat）的数据是4000万辆卡车——最大区别在于，新增了500万辆轻型商用车、300万辆特种卡车和200万辆其他车型；（3）美国统计局的数据有区别主要是因为，在以上数据中未考虑进大量的私有皮卡和厢式货车，但美国统计局的数据（4100万）考虑了它们；（4）LCV、MDT和HDT的碳排放数据取自于国际能源署发布的《卡车的未来》；巴士的碳排放数据取自于国际能源署发布的《2020运输追踪》

公路货运在货物运输乃至贸易活动中的根本性作用，意味着它的排放与人口数量和经济活动高度相关。中国和印度等国尤其依赖卡车来推动其经济快速增长。如今，美国、欧洲、中国和印度公路货运的碳排放占据全球总量的一半以上（请参阅附件07）。未来十

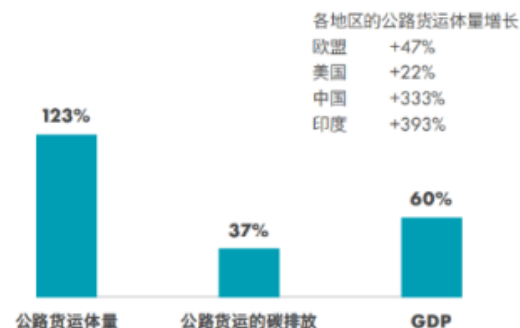
年，世界其他地区（尤其是非洲等地区）的绝对和相对排放量，也将随着经济发展的加快而增加。这将迫使除了带头减排地区以外的更多地区乃至全球范围内的公路货运行业都必须踏上去碳化道路。

07 公路货运的碳排放（按地区）(2018)¹



资料来源：IEA [2017]，卡车的未来；IEA [2020]，2000-2030交通运输和重型车在可持续发展远景下的碳排放；OECD；德勤分析
说明：（1）根据每个国家保有的卡车数量和每辆车的平均碳排放量，计算出每个国家的碳排放量在全球碳排放总量中的占比。

08 全球公路货运体量¹、碳排放²和 GDP³ (2000-2017)



资料来源：IEA [2020]，2000-2030交通运输行业在可持续发展远景下的碳排放（按运输方式）；OECD；世界银行；IMF
说明：（1）公路货运体量的单位是吨·公里（即，将多少吨货物运输多少公里）；
（2）只涵盖公路货运，不含巴士；（3）按2010年不变价美元计算世界GDP，以消除通货膨胀效应

我们的现状：公路货运行业正在迅速提高其排放效率，但已快到达当前技术的极限。如果继续照着当前的形势发展，该行业的碳排放必会增长。

“送货上门业务量近年来增长了两倍，使得对道路运输的需求随之增长”

伴随经济的发展（中国和印度尤为突出）及电商地位的崛起，全球公路货运体量过去18年增加了一倍以上（请参阅附件08）。一位车队老板提到：“新冠肺炎疫情使我们的业务量进一步增长，增长态势甚至持续到今年夏天解除封锁措施之后。”

尽管体量在大幅度增长，但由于柴油机效率为了满足更严格的排放法规而不断提高，公路货运行业同期的碳排放增速得以显著下

货主

降。2000年欧洲约有一半卡车使用氮氧化物（NO_x）排放量高达8 g/kWh的欧一标准发动机。而根据估计，如今欧洲60%以上的卡车在使用NO_x排放量不到0.4 g/kWh的欧五或欧六标准发动机。而且，二氧化氮和一氧化氮（合称为“NO_x”）等其他温室气体排放量的相对降幅更为明显。

然而，通过改进柴油机能够实现的进一步减排幅度是有极限的。大多数受访者表示目前已快到达这个极限，一位车队老板指出：“我不认为柴油机的效率还有多少提升空间；动力系统可能会有一些变化，但也仅限如此了。”

为加速去碳化进程，该行业必须在一些核心结构特点上作出改变。尤其是价值链碎片化和低利润率限制了该行业在排放效率方面充分发挥其潜力。受访者列举出的因素包括：人工处理，数字化技术的利用有限，空载卡车多等。一位大型车队老板总结道：“根本问题是，货运行业的运营模式自20世纪70年代以来没有任何变化；90%的公司拥有的卡车都不到10辆。”

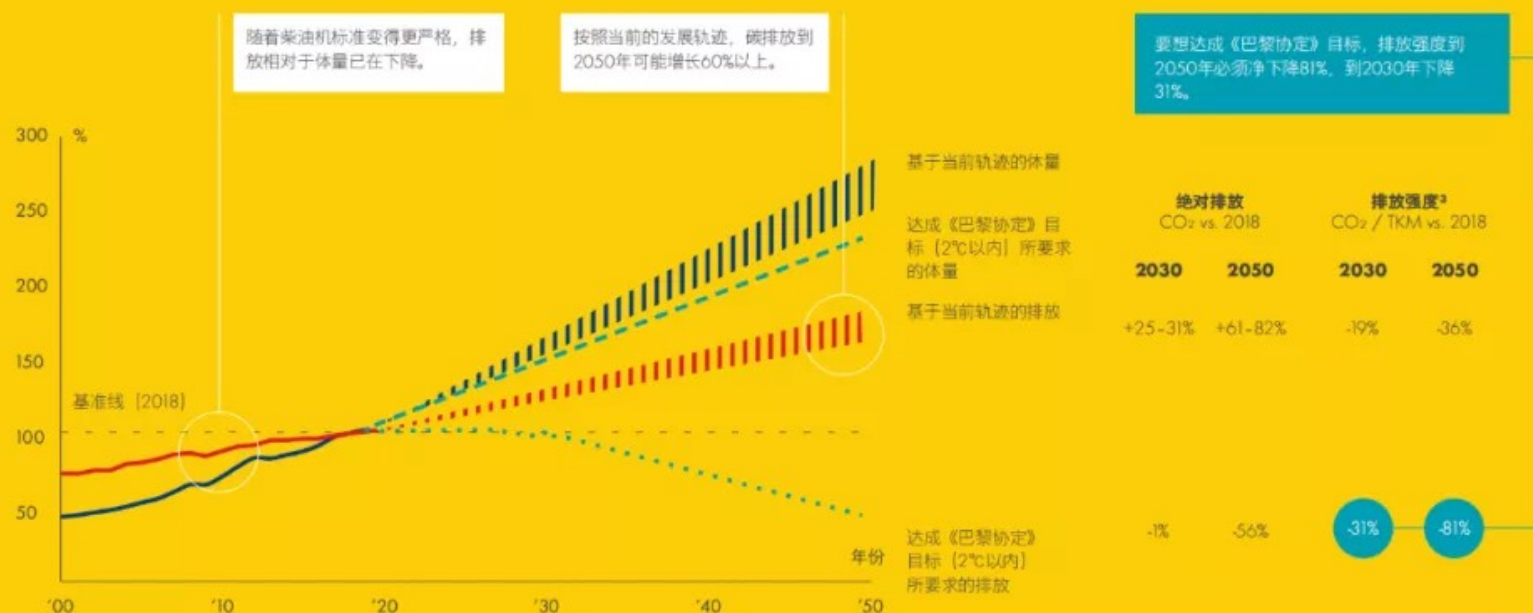
未来几十年里，经济发展（尤其是新兴市场）及电商需求的日益上升，将推动公路货运体量进一步增长（请参阅附件09）。例如，当非洲人口数量从如今的13亿增长至2040年的20亿以上时⁹，他们对运输服务的需求也将迅速增长。因为铁路和内河运输基础设施有限，且建设周期较长，所以非洲的公路货运体量到2030年预计将增长高达70%。虽然有些地区通过向水路和铁路运输倾斜，实行数字化的运输路线和网络优化，及未来实施自动驾驶技术，也许能减缓增长速度，但最终结果几乎毫无疑问是公路上的卡车数量越变越多。如果继续遵照目前的发展轨迹，这些卡车也将带来更多排放（请参阅附件10）。一位物流公司高管总结道：“即便提高了行业的效率，我们面临的挑战仍然艰巨。”

面对紧迫的气候问题，当前的路径不能再继续下去了。据国际能源署估计，要想完成《巴黎协定》设定的目标，来自公路货运的绝对碳排放量到2050年必须减少近60%，而同期的公路货运体量则有可能翻倍。这意味着该行业必须在不到30年里将排放强度降低80%以上。更紧迫的是，该行业必须在2030年之前将排放强度降低30%左右，这个挑战是前所未有的。

09 公路货运体量（吨·公里）的变化趋势

	对公路货运排放的影响
全球经济增长（尤其是发展中国家/地区）	➡
电商市场增长和对配送速度越来越高的期待	➡
通过加大水路和铁路运输基础设施建设（尤其是发展中国家），支持转变运输方式	➡
以分析和互联技术支持运输路线和网络优化	➡
长远：自动驾驶	➡
短期：后疫情时代贸易复苏速度	➡
净影响	➡

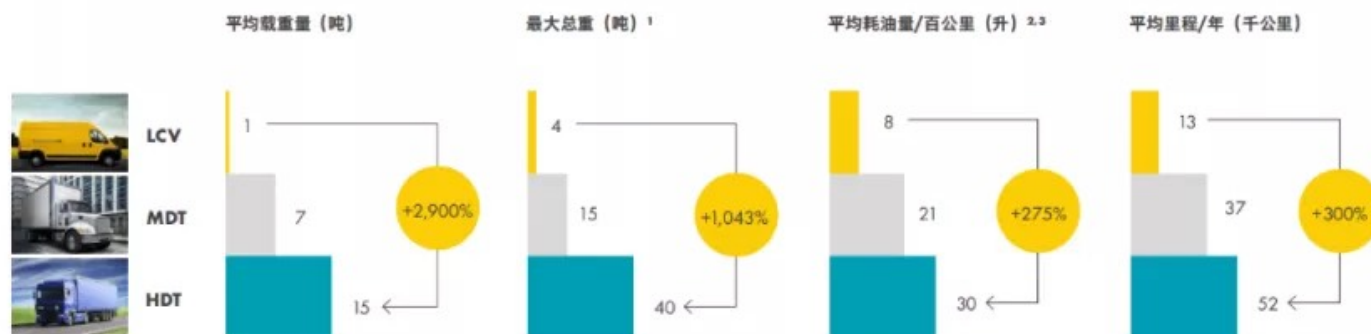
10 全球公路货运体量和碳排放^{1,2}



资料来源：IEA [2020]，交通运输部门的碳排放（按运输方式）；OECD [2020]，公路货运体量（TKM），IEA [2017] 能源技术展望；趋势分析

说明：（1）当前轨迹和目标是基于IEA对重型公路货运的预测。当前轨迹是基于基准场景。“达成《巴黎协定》目标”的目标是基于“超越2°C愿景”（B2DS；通常被称为“可持续发展场景”）；（2）体量单位是吨公里（TKM）；排放量以CO₂来计。体量和排放量数据都不包含巴士；（3）“超越2°C愿景”是假设体量略微下降，用于计算相应的排放强度因子。

11 卡车类型间的比较



资料来源：IEA，卡车的未来：德勤分析

说明：(1) GVWR = 车辆额定总重 = 车辆最大运行重量，含车辆自身和货物重量；(2) 耗油量假设是在载重条件下按照全球统一的轻型车测试程序 (WLTP) 计算的；(3) LCV的耗油量是基于Vauxhall Vivaro, Ford Transit, Volkswagen Transporter和Mercedes Sprinter；MDT的耗油量是基于Mercedes Atago和Kenworth T270；HDT的耗油量是基于Mercedes Actros, Kenworth W990和Scania S500。

受访者对能否及时地解决HDT和MDT的排放提出疑问，因为它们作为本次的重点研究对象存在很大的特殊性。这两种卡车跟轻型商用车 (LCV) 可不能相提并论，它们属于有着完全不同特点的不同车类 (请参阅附件11)。它们主要用于运输是卡车自重好多倍的货物，耗能显著高于LCV。正如一位受访者所说：“HDT是真正的主力。”

“它们昼夜不停地赶路，行驶里程高达几十万公里——它们的载重量、行驶里程和高度可靠，是整个供应链得以正常运行的根本。”

技术提供商

这导致HDT和MDT成了更难减排的车类，必须通过规模化地部署新型技术来减排。

我们的现状：世界各地的政策制定者都在制定公路货运减排目标，包括国家和地方层面的。

2019年，欧盟通过了一项法规，要求新卡车的碳排放放在2030年比2019年减少30%，在2025年比2019年减少15%。这一举措象征着欧盟像全球其他大型市场一样，设定了大幅减少公路货运排放的目标。在2013至2018年期间，加拿大、美国、中国和印度实施了新

卡车强制减排措施，短期减排目标从5% (印度) 到38% (美国) 不等。这使得全球出售的约70%的HDT，如今都得受限于某种形式的碳排放法规或标准¹⁰。预计到2025年将会有更多的措施出台，其中包括中国的下一步减排目标¹¹。由于不同国家的发动机排放强度的起始点不同，所以这些措施能够带来的净影响也会不同。但所有重要市场的监管机构都有意大幅减少公路货运的碳排放是毋庸置疑的 (请参阅附件12)。正如一位行业组织

的高管所说：“欧盟和美国已经在为了加速去碳化而修改计划，预计亚洲很快也会有所行动。”

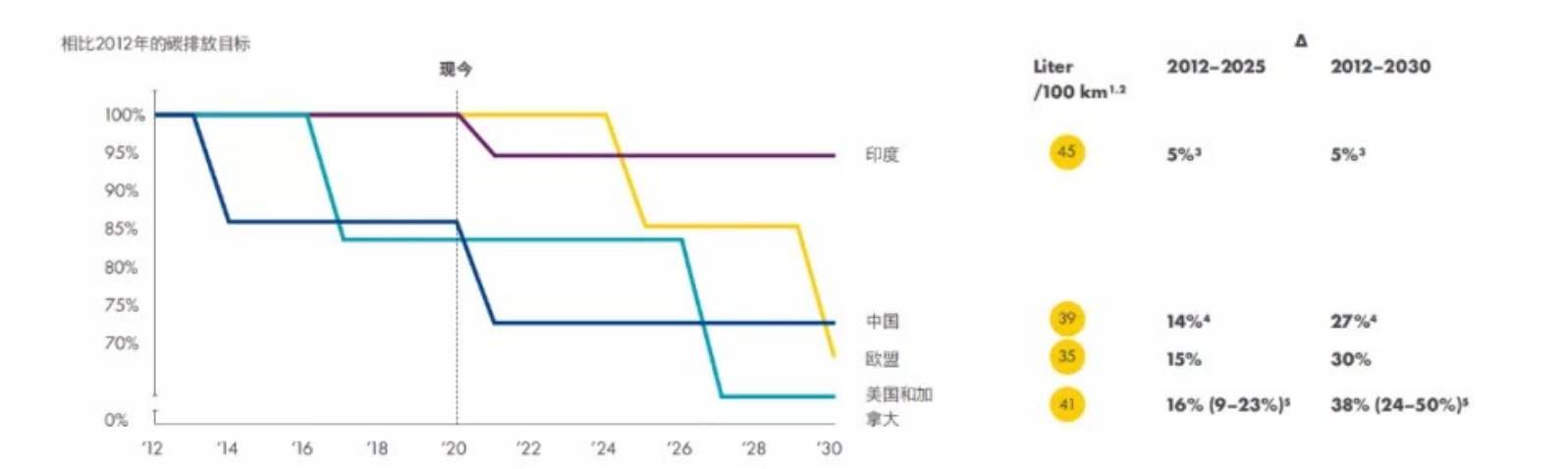
大多数受访者都认为，各国和各地区如果想要达成目标，最迟到2025年就必须开始让第一批零排放卡车进驻商业车队。

除了国家和地区政府，许多地方和城市监管机构也已实施或公布公路货运去碳化计划。最为突出的就有中国的“国家清洁柴油机行动计划”，它旨在加快在重点省份实行严格的国六排放标准¹²；此外还有伦敦的“超低排放区”，其中要求伦敦市的所有卡车必须满足严格的欧六排放标准，否则将面临罚款¹³。而

最有魄力的地方法规无疑是加州的《先进清洁卡车法规》，该法规要求到2025年，所出售的7%的HDT必须是零排放，而这一数字到2035年将上升至40%¹⁴。正如一位受访者所说：“城市的大力度监管是促使该行业行动起来的最重要手段。”

重要的是，各级监管机构都在着手推进去碳化事业，有的还提出了减排目标。例如，2020年11月，英国政府宣布该国的新柴油车销售禁令将从2030年开始生效，比原计划提前了10年¹⁵。

12 新重型卡车的碳减排法规—举例



资料来源：ICCT [2017]，印度重型车油耗标准，[2018] 欧盟地区重型车的碳排放和油耗标准，[2016] 中国重型卡车三阶段油耗标准，[2018] 加拿大量型车二阶段温室气体排放标准，[2016] 美国2018-2027年度车型的能效和温室气体排放法规，[2013] 加拿大量型车的温室气体排放标准；IEA [2017] 卡车的未来
说明：（1）2015年新卡车在典型载重条件下的典型平均油耗（单位：升柴油当量/百公里）；（2）印度和中国是按出售的每辆新卡车每公里的最大油耗来计算，欧盟和美国是按出售的所有新卡车每公里的平均油耗来计算；（3）GVW（车辆总重）为35.2-40的牵引车-挂车；（4）牵引车；（5）7类和8类组合挂车（含重载挂车），拥有超过45个重型车子类—根据类型、行驶周期和需求划分。

僵局：去碳化阻碍



去碳化准备情况：总结

根据在与行业高管和专家的采访和研讨会中收集的意见和建议，我们制定出了一套系统的方法来评估行业的去碳化准备情况。通过聚焦于三个核心问题（请参阅附件13），本研究采取了着眼于整个生态圈的、更全面的视角来研究去碳化，将通常看上去难以对付的挑战分解成能解决的具体问题。基于受访者的各种不同反馈，我们从六个方面来评估公路货运的去碳化准备情况。

在评估中得出的大多数结论都能全球适用。基于替代技术的卡车和基础设施尚未大规模部署，这意味着全球的去碳化阻碍因素在许多方面是一致的。但也存在地域差异。有些地区（如欧盟、中国和美国部分地区）的去碳化进程（尤其是就监管机构的目标而言）略微领先。因为我们是想从迄今已取得的进展中总结经验，所以后面章节中包含的许多示例都是以这些地区的视角为代表。在本报告的最后一节，我们额外地讲述了不同地区间的主要差异。

13 与去碳化准备有关的问题和因素

1. 公路货运行业为何应当改变？

考虑可能促使利益相关者行动起来的因素。

- **市场和客户需求：**来自社会、客户、金融机构和投资者的压力和激励，能为卡车制造商、车主和车队老板投资低排放技术创造动力。
- **监管激励：**地区和地方监管机构所运用的手段。这其中可能包括补贴和减税等激励手段，以及罚款、碳配额和碳税等反向激励手段。

2. 公路货运行业能否改变？

考虑去碳化在可预见的未来是否具备可行性。

- **技术一致：**替代燃料和其它低排放技术的技术与商业可行性，及发展路径是否明确。
- **角色和决策明确：**作决定是否容易，任务职责是否明确，以及行业中的关键利益相关群体所关注的焦点是否一致。

3. 公路货运行业能以多快的速度改变？

考虑实现全面变革所需的努力程度。

- **资产更新换代的容易度：**完成车队的更新换代需要付出什么代价。这取决于卡车成本、复杂度和寿命，开发替代技术的速度，以及替代技术对车队运营的影响。
- **基础设施更新换代的容易度：**需要付出哪些努力才能实现可再生电力和绿色燃料的规模化生产，并将它们运送到卡车需要充电或加燃料的地方。所需的产能越高，基础设施就越分散，挑战也就越大。

总体而言，公路货运的去碳化准备存在许多欠缺，各方都面临着阻碍，尤其是监管激励不足、基础设施欠缺和货主（通过公路货运运输货物的企业）的需求有限。

附件14

1. 调研的重要发现

行业面临一些阻碍去碳化的因素，主要包括**监管激励不足、基础设施欠缺以及货主的需求有限**。

第一，受访者认为，替代技术在价格上比柴油卡车高出很多，是阻碍车队老板大规模投资低排放和零排放卡车的重要原因之一。许多受访者认为转型初期缺乏强有力的监管激励来弥合这一成本差异是问题之一。

第二，受访者认为快速电池充电和加氢基础设施不足，进一步阻碍了替代技术的应用。而缺乏基础设施的关键原因之一是可再生能源供应不足。

第三，虽然许多货主在董事会上做出可持续发展承诺，有时也跟物流公司问及低排放卡车，但在采购标准方面，目前仍缺乏对车队老板明确的业务或财务激励。

这三个阻碍因素的提及次数最多，但受访者对于所有六个框架因素都提到了相应的阻碍。在与来自世界各地的行业高管和专家召开的研讨会中，我们进一步地提炼了这些阻碍因素，并将它们汇总到附件15中。后面的章节将更详细地逐一阐述这六个因素及相关阻碍。



15 去碳化准备情况评估



说明：[1] 请参阅“地区差异”一节，了解每个国家或地区在阻碍因素上的差异。

1. 市场和客户需求

70%的受访者认为，货主激励低排放公路货运服务的意愿，及来自投资界的更广泛支持，对于促进去碳化投资至关重要（请参阅附件16）。但这方面的激励目前非常有限。

行业观点：由于消费者给予的减排压力有限，使得货主持续将压低重型货运的成本作为重点

货主（如消费品企业和超市）越来越多地在做出减少供应链的环境影响的承诺。但正如一位车队老板所说：“货主往往会跟着消费者

的心思走，希望花最少的钱赚最多的利润。”正是因为这一趋势，企业通常更加看重更易“被看见”的环保特性——如包装和绿色的最后一公里运输；而把投资低排放HDT放在后面，这是因为，HDT通常出现在远离市区和公众视线的地方，且通常在夜间出现，并且在产品成本中只占相对很小的比例。



电商的发展已使消费者期望在提高送货速度的同时不额外支付运费。这使得通常更昂贵的低排放公路货运方案变得更加困难。来自物流公司的受访者更是指出，虽然许多货主在董事会上做出承诺，有时甚至问及低排放卡车，但在采购标准方面，他们几乎总是更看重价格低这一因素。一位大型车队老板表示：“如果我给出的货运报价比行业标准价格高出5%，货主永远不会选择我们。他们每次都会选择报价更低的柴油卡车。”

但也有一些受访者给出低排放公路货运需求的积极信号。首先，长途巴士（长途汽车）车类的代表就表示，他们客户对于减排的兴趣在不断提高，他们证明说：“约10%的客户已经选择为了进行碳补偿而支付更高的价格。”其次，许多车队老板指出，他们客户（尤其是汽车行业的客户）越来越多地要求在标书中提供排放信息。欧洲一家物流公司的车队主管表示：“为了实现更高的排放效率，汽车制造商有时甚至允许我们使用由他们竞争对手制造的卡车。”再次，有些受访者指出，自己拥有大型品牌HDT车队的消费品货主越来越愿意进行去碳化投资。他们认为来自公司雇员的压力是促使货主更愿意作出改变的重要因素之一，他们甚至提到最近的“气候罢工”新闻来证明这一点。

附件16

受访者见解

70%

的受访者认为市场和客户需求有限是阻碍去碳化的重要因素之一。

行业观点：由于银行发现规避投资风险的难度较大，导致替代技术的融资方案有限，小型车队老板的融资选择更少。

公路货运市场具有高度商品化、竞争激烈和利润率低的特点¹⁶。小型车队老板和个体司机更是严重依赖租车这种融资方式，因为它比偿还贷款的成本低，但会减缓资本积累速度。

许多受访者指出，卡车老板通常缺乏投资低排放技术（如欧六标准发动机）的融资选择。因此，他们往往一再地推延投资决定，直至外界压力（如监管机构或客户的压力）

迫使他们付出行动。一位行业组织的高管表示：“财政支持面向的都是大型车队老板，与小车队无关。较小的卡车老板得不到财政支持。”*

FCEV等替代技术最初需要的前期投资比柴油卡车高，且残值和总拥有成本（TCO）具有更大的不确定性，而TCO是进行采购决定时所考虑的主要因素之一。对于小型车队老板而言，这种新型卡车在车队中的占比将会很高，从而可能导致融资成本和利润压力超出可承受范围。

金融机构自认很难为替代技术提供融资方案。他们指出：第一，当前的融资模式是以车辆的全生命周期价值为基础的，而BEV和FCEV的全生命周期价值具有高度不确定性。第二，货主与物流公司之间的大多数合约期限不到一年，导致无法确定新卡车能否得到充分利用以收回投资。第三，他们不确定监管政策的发展方向——特别是不知道哪些城市将允许使用哪些技术，以及何时允许使用这些技术。一位公路货运投资者指出：“该行业需要长期的合约和稳定的政府政策来支持创新。”*



2. 监管激励

对公路货运排放的监管虽在加大，但还需要进一步加速才有可能实现2050年的《巴黎协定》目标。考虑到所需的投资规模，80%的受访者（尤其是来自美国和亚洲的受访者）认为需要更多激励来推进去碳化（请参阅附件17）。

行业观点：长期排放目标不够具体，转型路径和技术不够清晰。

公路货运排放法规一直以来都集中在促进柴油机效率的逐步提高。每一个新发动机标准都是在前一个标准的基础上建立的，采用的不过是一家技术公司所说的“大同小异”的方式。欧洲、美国和中国近年来公布的长期减排目标体现出重大的改观，要求摆脱上述“大同小异”的方式。大多数受访者认为这些目标明显更有魄力，但不够具体，即，未明确如何分阶段地实现转型，以及对特定技术有何影响。这导致长期规划难以制定，行业高管不太可能进行早期投资。一位跨国货主指出：“对于那些没有能力和手段认真评估脱碳途径的小型组织来说，没有行动手册的排放监管将会增加其业务复杂度”。

行业观点：财政激励不足，过于注重帮助OEM克服柴油机与替代技术之间的成本差异。

所有受访者几乎一致认为，要达成2030年的减排目标，除了提高柴油机效率，还须结合大量的替代技术HDT（如FCEV或BEV）。但大多数受访者都认为，当前的财政激励不足以平衡购买和运营FCEV或BEV而额外增加的成本。激励在转型初期尤为重要，因为正如一位技术提供商所说：“我们需要在绿色卡车的市场需求远未达到规模之前就开始投资新型卡车。要弥合这一时间差，我们需要外界的帮助”。

尽管如此，有些受访者也指出欧盟是个例外，因为在欧盟实施的政策中，电动卡车（FCEV、BEV）可以拥有更多重量配额，且

卡车制造商可以通过加速电动卡车部署来降低它们的总体碳排放指标¹⁷。但受访者也指出，激励举措主要面向的是OEM，购买替代技术卡车的车队老板，需要实现供应链去碳化的货主，以及建设新基础设施的能源公司，几乎享受不到任何好处。因此，大多数受访者仍然认为，如果不加大激励力度，该行业不可能大规模地过渡到替代技术。

“OEM都在宣布生产新型卡车，但即便它们开始大规模地生产，购买和使用新型卡车的成本也会令我们望而却步。”

车队老板

行业观点：地区、国家和城市之间的监管不一致且高度分散，导致操作复杂，总体去碳化成本高。

为了响应居民对清洁空气和减少噪音的诉求，伦敦和柏林等城市、以及加州等地区，实施了限制使用老旧的高排放车辆的计划。受访者指出，这其中的大多数计划都有各自的时间表，且技术需求各不相同。例如，对于进入市中心的、达不到欧六标准的卡车，伦敦市按日收取罚金，而巴黎只对达不到欧

附件17

受访者见解

80%

的受访者认为**监管激励不足**是阻碍去碳化的重要因素之一

五标准的卡车罚款；但巴黎计划从2024年开始限制所有柴油车进入市中心，而伦敦还没有这样的计划^{18, 19}。这给车队老板带来了很大麻烦，并导致行业整体的效率降低。例如，货物在进入低排放区之前，必须重新包装并更换卡车

许多受访者担心未来挑战还会加剧，因为不同国家所走的路径不同，选择的技术解决方案也不同。例如，有一位受访者就指出，虽然欧盟当局支持对长途运输车辆使用氢燃料电池技术²⁰，但有些个别国家政府更支持以BEV为导向的技术，如架空接触网²¹。

“跨境货运的挑战最大。因为它需要遵守不同的地方法规，相比服从最严格的单一标准，前者需要付出的代价更高。”

行业组织

尽管存在不足，但大多数受访者仍然认为城市 and 地区法规是促进应用替代技术的有效手段。大都市区可以产生滚雪球效应，先带动较小的城市内部实行低排放区，然后形成跨越多个城市的地区性低排放区。加州的例子能体现一个地区或城市产生的巨大影响力，正如一位技术提供商所说：“加州的经济实力雄厚，他们的行动必能影响其他州。”



3. 技术一致

自从半个世纪以前颁布排放标准以来，大多数HDT使用的柴油机性能和排放强度都有了显著改善。尽管如此，公路货运行业正努力将注意力转向低排放和零排放的能量载体，而65%的受访者则指出，转型事业的推进需要在HDT所使用的技术上更多地保持一致。

长远来看，约75%的受访者认为氢能FCEV是性能上最具可行性的替代性HDT技术，但许多受访者也预计BEV在特定应用中也有用武之地。考虑到实现大规模生产的路径，受访者提及生物柴油、生物LNG和合成燃料的次

数较少。四分之一的受访者认为液化天然气和压缩天然气（LNG、生物LNG和CNG）可以作为重要的过渡燃料，因为它们对减轻空气污染有积极的影响（请参阅附件19）。

行业观点：电池和氢能技术均未成熟，无法提供与柴油卡车相似的效率、规模、可靠性和灵活性。

受访者提到，卡车的续航里程和充电时间、以及基础设施匮乏等特点，是阻碍BEV和FCEV应用的关键因素。我们在本节中将重点阐述卡车特点，基础设施方面的阻碍放到后面再讲。

附件18

受访者见解

65%

的受访者认为**技术不一致**是阻碍去碳化的重要因素之一



19 行业对替代技术的看法



说明：（1）生物LNG不属于过渡燃料，被划分到与LNG和CNG相同的组别是因为它不能作为柴油机的掺入型燃料。但生物LNG的许多优点和缺点都与生物柴油类似。

纯电动汽车

无论是私人使用还是用作LCV，采用电池技术的电动汽车都已越来越受欢迎。如果所用电力来自于光伏或风力发电等可再生能源，则它们的碳排放效率还能进一步提高。

除了这些LCV，许多OEM还宣布即将推出纯电动HDT。但受访者大多认为BEV存在重大的结构性限制，尤其是在电池续航和充电时间方面。迄今公布的几乎所有卡车最大电池续航都在350公里以下，且大多数是在250公里以下。使用现有的“快速充电终端”，需要充电约5小时以满足250公里的续航里程，这让大多数车主很难靠这种卡车来赚钱。虽然有些汽车厂商宣称，在不久的将来将有续航超过800公里和充电时间低于30分钟的卡车，但受访者仍持怀疑态度，正如来自一家物流公司的受访者所说：“有些OEM宣称他们的纯电动卡车能续航800公里，但我们多少有点怀疑这到底是种营销策略还是真能成为现实。”

通过比较卡车特点（请参阅附件20）发现，除BEV之外的大多数替代技术在续航里程和加油时间上都能与柴油机相媲美。因为卡车重量存在法规和经济方面的限制，通过增大电池尺寸来延长最大续航里程的做法并不可行。为了论证这一点，一位车队老板说：“一辆40吨重的卡车要从汉堡行驶800公里到慕尼黑，需要近15吨重的电池来支撑。如果你现在想要一辆纯电动卡车，就得牺牲运力。”单凭当前的技术，电池越大会导致充电时间更长，这会使实际操作变得更加复杂。

尽管存在局限，但有些受访者仍然认可BEV未来的潜力。他们认为，对于那些日行驶里程有限、路线可预测且停工时间相对较长（比如一整晚）的应用，BEV技术是电动LCV车队的自然延伸。有些市场（如德国和瑞典）也在尝试架空线路充电网络，这将大幅地延长沿电气化通道行驶的BEV的续航里程。



20 HDT特点比较¹

	柴油	天然气 ²	生物燃料	合成燃料	电池	燃料电池 ³
能量载体	柴油 ⁴	LNG或CNG	生物柴油 (以生物质为原料)	合成柴油 (氢气和CO ₂)	电池组	氢燃料
动力系统	内燃机	内燃机	内燃机 ⁵	内燃机 ⁵	电动机	电动机
掺入型燃料	n/a	✗	✓	✓	✗	✗
零碳	✗	✗	✓ (可能)	✓	✓	✓
续航里程 (km)	>1,500	~1,000	>1,250 ⁶	>1,500 ⁶	~200 ~800 ⁷ (计划)	400-1,200
加油时间 (h)	0.3-0.4	0.3-0.4	0.3-0.4	0.3-0.4	>3 ⁸ >7 ⁸	0.3-0.4
动力系统重量 (kt) ⁹	~ 3.0	~ 2.2	~ 3.0	~ 3.0	~2.2 ¹⁰ ~ 4.9 ¹⁰	~2.6 ¹⁰
TCO和前期投资				n/a	TCO迅速下降至与柴油机等等的水平；卡车成本目前高1-3倍	TCO在下降，但仍然较高；卡车前期投资成本高2-3倍

与柴油机的性能比较 (举例说明)：

- 等同于或高于柴油机
- 略低于柴油机
- 低于柴油机

资料来源：IEA (2017) 卡车的未来；ETC (2019) 有志必成：重型公路运输；T&E进行的氢燃料卡车和纯电动卡车比较；Earl et Al., 分析欧盟的长途纯电动卡车；Energy.gov; Truckpaper.com; Cleantechnica.com
 说明：(1) 为简单起见，这里不涉及混合动力车和掺入型燃料；(2) 基于Scania R410 LNG；(3) 基于Nikola卡车；(4) 可能与CCS技术结合使用；(5) 可能需要改造；(6) 生物柴油的能量密度比柴油低大约15% (~38 vs. ~45 MJ/kg)，对于合成燃料，需要假设柴油的能量密度；(7) 基于Tesla Semi；(8) 显示的数值是基于150 kW快速充电终端计算出的。如果使用更加常见的20 kW充电终端，充电时间将延长7倍以上；(9) 千吨，含发动机、冷却系统、变速箱和燃料/电池的重量；(10) 假设BEV是用270 kWh和1,100 kWh的电池；假设FCEV是用250 kWh的电池组，电池组能量密度为0.25 kWh/kg，能耗量为1.15 kWh/km，电池利用效率为85%。假设电动机和变速箱的重量为600 kg，假设燃料电池电动机的重量为470 kg。

氢燃料电池电动汽车

大多数受访者认为FCEV的性能特点能与柴油卡车相媲美。最近宣布的FCEV可以达到1,000公里以上的续航里程，且所需的加氢时间不到20分钟。许多受访者因此认为，无论是从技术还是经济的角度，氢燃料卡车都是未来十年唯一可行的零排放选择。

“要想卡车的续航更长，载重量更大，且利用效率更高，燃料电池技术是唯一的解决方案。”

零部件生产厂商

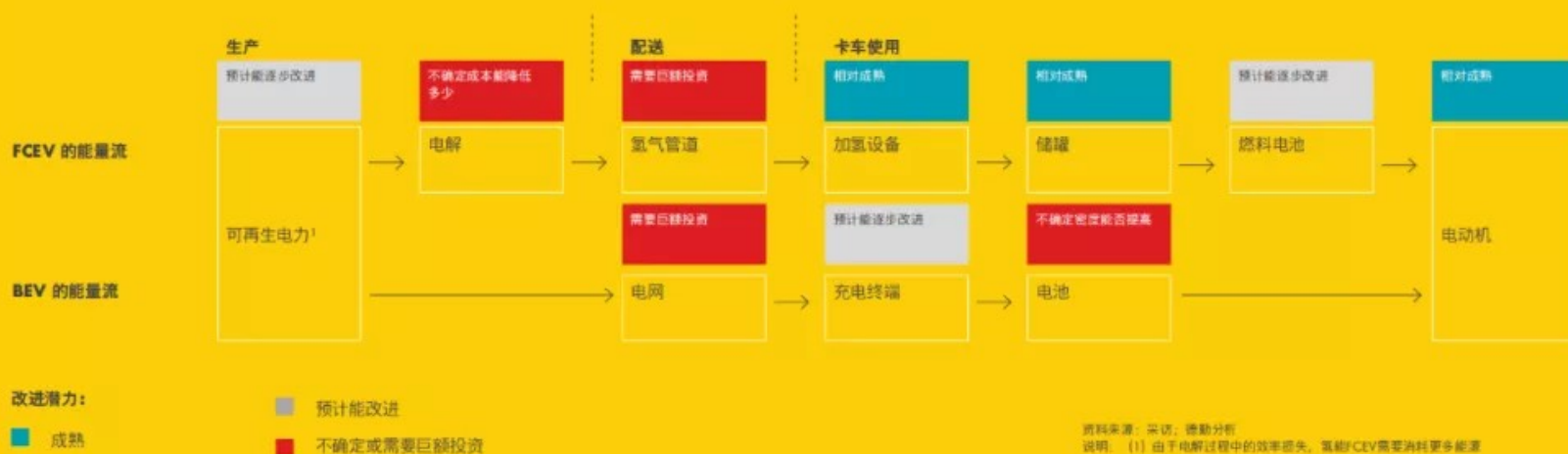
和BEV一样，如果使用可再生电力来制取氢气，FCEV的碳足迹可以接近于零（生产风力发电机等过程仍会产生一些排放）。对于FCEV的主要关注点都集中在能效上。相比BEV，用FCEV运输相同重量的货物所需消耗的可再生电力增加一倍，这使得制取氢气的成本成为了一个阻碍因素。

行业观点：替代技术最终进步空间不确定，导致难以作出投资决定。

尽管FCEV和BEV都经历了几十年的发展，但除了用于最后一公里运输的BEV之外，这两种解决方案在商业上都无法与柴油卡车相竞争。大多数受访者预计未来十年技术可以取得进步，从而可以降低成本，并提高对于某些应用的可行性。但受访者对于进步速度和范围的预期却大相径庭（请参阅附件21）。乐观的OEM（如特斯拉）相信续航将超过1,000公里²²，但绝大多数OEM预计短期内的续航里程将在250-300公里之间²³。在基础设施到位之后，需要多长时间才能达到这样的续航里程和充电速度的提高也存在不确定性。因此，在能预见技术性能和成本的改进轨迹之前，行业利益相关者不太可能进行投资。



21 行业对于BEV和FCEV改进潜力的看法



“过去50年里，氢能技术始终落后10年。我们担心如今仍是这种情况。”

行业组织

虽然大多数受访者认为，可再生能源产能在未来十年可能会以更快的速度提升，但不太确定业界是否有能力生产足够的价格可承受的清洁氢。同样不确定的还有配送网络（如

氢气管道和电网）的发展，但大多数受访者认为这是耗资大但能解决的问题。正如一位车队老板所说：“有了卡车之后，就能通过加燃料或充电赚钱，然后就有人去建基础设施。”

大多数受访者对电池能量密度的提升潜力感到不确定。有些受访者通过引用研究来指出，虽然过去十年里，电池成本因为产量大幅增

加而保持每年约20%的降幅，但同期能量密度的提升幅度则相对较小，每年只有5-7%，且过去五年里的提升幅度甚至更小²⁴。能量密度是个重要指标，因为它能让OEM在不增加电池尺寸和重量的情况下延长卡车续航里程，而不会影响载重量。有些受访者指出，即使有可能以历史速度实现进一步改进，但要想电池能量密度足以保障众多HDT所需的续航里程，可能还需要15年时间。

鉴于对电池的报废和回收知之甚少，许多受访者还对电池全生命周期的潜在长期环境影响表示担忧。这些因素不仅涉及到能源使用，还涉及到电池的采购和生产，以及电池寿命到期后的报废处理。他们主要担忧大规模开采电池中使用的矿物材料会对社会和环境造成负面影响，最主要是对缺乏环境和劳工保护措施的发展中国家的影响。受访者引用的研究还指出，每年需要贮存、拆解和

化学分离的废弃电池组可能达到数千万立方米²⁵。一位技术提供商指出：“如果我们必须为两亿辆卡车及所有私家车制造电池，而电池寿命只有10年，那么需要消耗的材料数量将是非常惊人的。”

有些受访者也提到氢气泄漏及其作为“间接”温室气体对大气的潜在负面影响，但提及次数不多。业内文献也证实了这一点²⁶。

行业观点：掺入型燃料的供应有限，给扩大产能带来结构性挑战，且有可能价格居高不下。

“生物燃料在短期内可以发挥作用，但要实现全面脱碳，它们存在很大的供应限制。”

OEM

生物柴油是一种通常由动植物油脂与乙醇反应生成的生物燃料。许多国家已在传统柴油中调配少量的生物柴油。因为燃烧过程中释放的二氧化碳之前已被植物从空气中吸收掉，所以生物柴油常被视为净零排放燃料。但考虑到公路货运行业需要的燃料数量之大，以及生产燃料所需的土地和生物质，受

访者质疑生物燃料能否达到足够的供应量。受访者还对信息透明度提出质疑，一位物流公司高管就指出：“使用调合燃料时，很难验证其中的生物燃料占比，以及所用原料的可持续性。”

和生物燃料一样，合成燃料（也称“efuel”）因为能在很大程度上使用已有的基础设施和发动机，应用起来相对容易。合成燃料是由氢气和二氧化碳反应制取的，生产合成燃料所需的可再生能源比生产绿氢还要多。虽然如今是从排放点源捕获二氧化碳，但随着技术的发展，也可直接从空气中捕获二氧化碳。受访者指出，虽然合成燃料可能成为过渡燃料的一种，但从长远来看，它们不太可能在公路货运中得到广泛应用。

行业观点：由于资产利用率不理想，且数字化解决方案利用不足，导致现有车队的效率低下。

因为很大一部分卡车都由小公司拥有和经营，公路货运行业具有高度分散的特点，这造成了卡车使用效率低下。此外，受访者指出，过时的人工处理，以及车联网和运营分析技术的利用不足，造成了大量的零担货运



[LTL] 和路线规划的不合理。一位车队老板表示：“这个行业非常人工化。预订一辆卡车需要来回地发送电子邮件。我们一天装车2,000次，每次都需要人工参与。”

为了说明这一点，受访者引用分析表明，卡车有30-50%的路段处于空载状态²⁷。有些受访者分享了半载卡车（有时属于同一个老板）在同一时间跑同一条路线的事例。消费者对送货速度越来越高的期待，使上路的卡车数量及空载行驶的里程数都进一步增多。受访者还指出了卡车在设计 and 运行方面的效

率低下之处。他们提到的例子包括：轮胎不合适，速度欠优化，不必要的休息等。

未来十年，互联和自动驾驶技术的发展有可能帮助提高行业效率。一位大型货主指出：“如今的货运都需要司机开着一辆空车回家。如果能去掉人力，就能提高运营效率，对排放也能产生很大影响。”然而有几位高管指出，大多数公司仍然是抛开脱碳来考虑这些技术的影响，即便这两种趋势之间有着明显的相互联系。

4. 角色和决策明确

虽然全球车队中的大多数卡车都是由少数几家OEM生产的，但经营这些卡车的车主/承运商总数却有将近300万家²⁸。由于决策众多复杂且相互依存，利益相关方的侧重点存在差异，55%的受访者认为，由此导致的角色和决策不明确，是阻碍去碳化的重要因素之一（请参阅附件22）。

行业观点：价值链高度分散，货主对使用卡车类型的掌控权有限，而车主缺乏促使其尽早决定投资替代技术的激励。

在从事公路货运的全球近300万车主/承运商中，许多都是小微企业。例如，亚洲90%的卡车是由个体司机所有，只有0.1%是由拥有100辆以上卡车的公司所有²⁹。非洲和南美的公路货运行业同样高度分散，只有一些小区域是由较大的组织机构来主导³⁰。欧洲、美国、加拿大和澳大利亚的行业整合度略高。小型车队老板通常充当大型车队老板的分包商，大型车队老板则服务于第三方合同物流公司（3PL），而3PL则负责为货主协调公路货运服务。

这种分散在很大程度上是有意为之，因为许多货主和物流公司都想最大限度地减少固定成本和资产负债，因而需要不断寻找价格最低的新车队来为它们服务。

在这种模式下，货主甚至物流公司对承运车队使用什么卡车的掌控非常有限，而车主与货主之间则间隔着多个中间商。这导致很难通过投资低排放卡车来获取任何商业利益。一位跨国货主解释道：“**卡车电气化面临的最大问题在于，没有人是这台卡车的实际所有者。我们货主不是，物流公司也不是。**”使决策变得更复杂的还有零担货运（LTL）服务，即将多家货主的货物拼装到一辆卡车上进行运输。结果是，即使货主愿意支付更高的价钱，车主/老板也未必有能力提供低排放

的解决方案。一位跨国货主证实道：“**三分之二的卡车都是由独立的LTL承运商拥有和经营，如果只有某一个客户提要求，他们是不太会投资替代技术的。**”

而且，替代技术卡车的前期投资难免要给车队老板带来更高成本和更大风险。试用几十辆BEV或FCEV的风险，对于一家拥有数千辆卡车的跨国公司可能微不足道，但小型的、通常是家庭自营的承运商购买一辆低排放或零排放卡车都很艰难。这些公司因为没有很大的收入基数来分摊额外的成本，所以投资风险非常之大，一次投资失误就可能给整个企业带来灭顶之灾。用一位受访者的话来说：“**小公司没有能力和财力去投资未经验证的技术。**”

行业观点：卡车由于为数不多的原始设备制造商生产，在发展替代技术和挖掘传统业务价值之间存在矛盾

虽然全球公路货运车队中的卡车是由数百万家公司所有，但这其中的大多数卡车都来自于不到20家OEM。在全球每年生产的约300万辆MDT和HDT中，约30%来自于排名前三的OEM，50%以上来自于排名前六的OEM³¹。

附件22

受访者见解

55%

的受访者认为**角色和决策不明确**是阻碍去碳化的重要因素之一。

这些OEM几乎所有的商业收益都来自于柴油卡车。近几十年来，为了满足日益严格的排放法规要求，它们投入了巨额资金来提高柴油机能。受访者承认，大多数OEM在核心的柴油机业务上都积累了雄厚的实力和系统知识。转向替代技术需要投入大量资金发展新能力、新供应链和新生产线。在需求尚未得到证实的情况下，OEM自然不愿意迅速进行大规模投资。正如一位OEM高管所言：“**不确定性很高。现在就把赌注都押到一种技术上，将是非常冒险的。**”一位基础设施提供商解释道：“**在开始大规模生产之前，OEM需要最低订单数量得到保证。**”

在保护OEM雇员和分包商利益的同时转向生产替代技术，需要数年甚至数十年时间。因此，短期的投资者预期对于延缓转型速度可能起到同样重要的影响。正如一位投资者所言：“这是个资本配置问题。当你有一美元要投资时，你肯定要投到能带来最大回报的地方。而这仍然是柴油机业务。”

把柴油机换成电动机——无论是BEV还是FCEV，也可能削弱OEM在市场上的产品差异化优势。一位金融机构代表解释道：“OEM主要依靠发动机和变速箱来赚取利润，而电动汽车恰恰要换掉这两个部件。”在这种情况下，地缘政治因素也可能要发挥作用——尤其是在欧洲和美国，因为电池和燃料电池技术目前是在亚洲发展的。随着岗位职责和能力要求的改变，预计工会也将是一些市场中发挥重要作用。

行业观点：当前的TCO计算方法导致难以在柴油机和替代技术之间进行公平的比较。

如今生产的大多数卡车（无论哪个品牌）都是基于类似的技术，并且寿命及运行和保养

需求都类似。因此比较柴油卡车相对简单，特别是在燃油成本占一辆卡车TCO的近一半时²²。

“TCO是决定购买哪一辆卡车的唯一最重要的因素。”

OEM

受访者指出，计算替代技术的TCO需要采用不同的方法。不仅技术发展速度和卡车残值存在更多不确定性，有些成本要素还可能需要以一种完全不同的方式来考虑。例如，电动机的活动部件通常更少，因而维修需求也能减少。而BEV重量更大则可能加剧卡车轮胎和底盘的磨损。此外，部署BEV或FCEV可能需要改变卡车的使用方式，这又可能影响到卡车的利用率。在没有普遍认可的TCO计算方法的情况下，这些错综复杂的因素都使得很难在现有技术与替代技术之间进行公平的投资比较。

一位受访者指出：“从TCO的角度来看，氢燃料电池卡车或纯电动卡车在某些应用中可能很快就比柴油卡车更有吸引力，但我们缺乏公认



的方法来证明这一点。”于是，许多依赖外债或租赁融资的车主出于安全考虑，倾向于选择投资他们已经了解的、前期成本较低的选项。一家欧洲行业组织的货运主管总结道：“新技术的前期投资成本高，会阻碍物流公司去考虑TCO。”

行业观点：行业中几乎没有信息和最佳案例分享机制，导致去碳化行动举措高度分散。

与分别设有国际航空运输协会和全球海事论坛的空运和航运不同，公路货运行业没有一

个负责协调的国际机构来监督和组织行业内的脱碳活动。一些有希望的联盟和倡议已经形成，其中包括“欧洲清洁卡车联盟”。一些受访者提到，最近在世界经济论坛上发起的“零碳公路货运”（Road Freight Zero）倡议表明，该行业正在携手应对脱碳挑战。然而，受访者表示，目前几乎没有机制协调这些小型联盟的活动以集中资源。正如一位跨国货主所言：“各自都在独立地试点同样的技术，造成了重复投资。”这导致对技术适用性缺乏认识，并感到麻木和产生怀疑，从而对可能的发展路径产生不利影响。

5. 资产更新换代的容易度

当激励措施到位且技术成熟后，该行业需要开始规模化生产，并更换全球车队中数百万辆卡车。这需要将它们整合到复杂的运营网络中，并解决替代技术转卖价值不确定和维修能力的问题。约40%的受访者认为现有车队的更新换代是阻碍去碳化的重要因素之一（请参阅附件23）。

行业观点：OEM需要很长时间来扩大替代技术的产能，并完成全球数百万辆卡车的更新换代。

附件23

受访者见解

40%

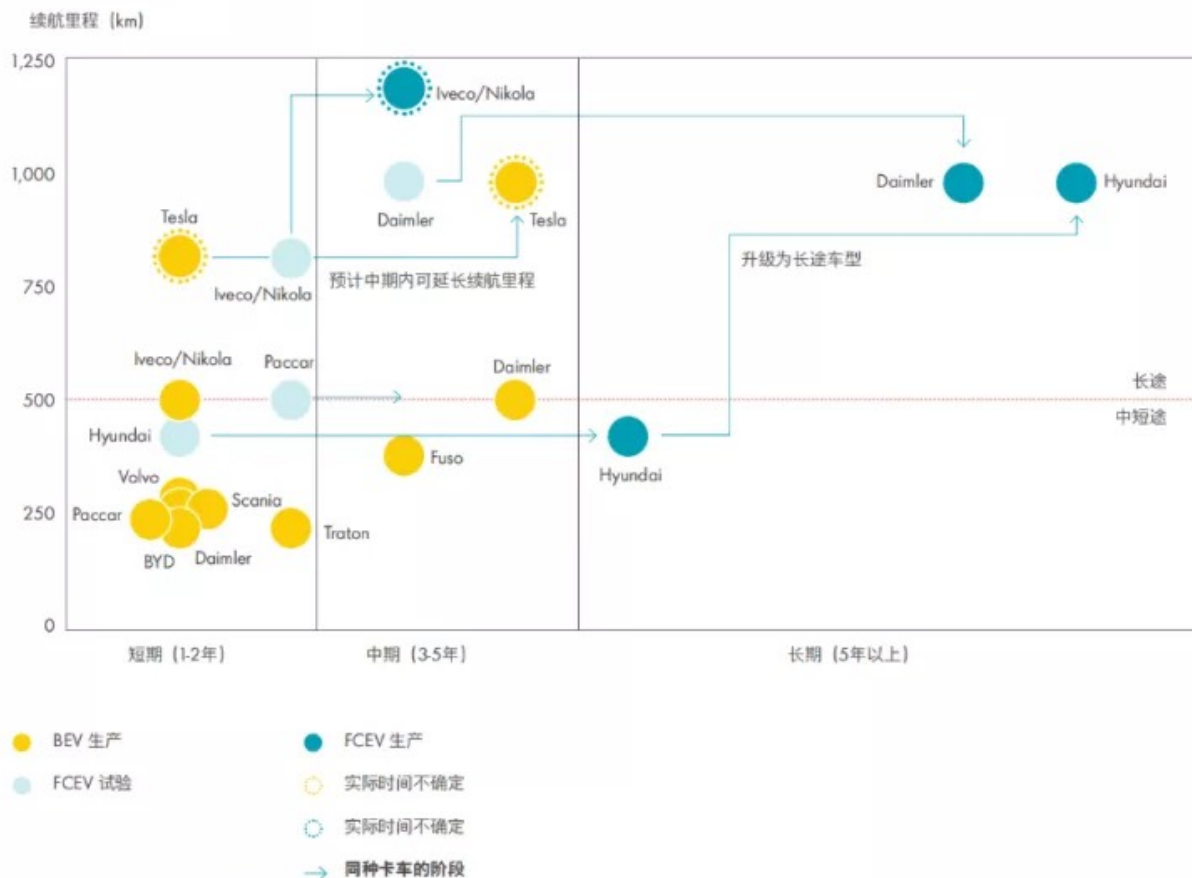
的受访者认为**资产更新换代的复杂性**是阻碍去碳化的重要因素之一

近两年里，几家大型OEM都已宣布计划将FCEV或BEV（或两者）加入它们的产品组合。但大多数计划都只进行小规模生产以供客户试用，而受访者认为替代技术常常已经处于求大于供的状态。参与本次研究的几家车队老板透露，他们尝试过订购少量纯电动卡车和氢燃料卡车进行试用，但未能成功。欧洲一家物流公司的高管表示：“我听说OEM推出了氢燃料卡车，但如果我现在致电预定，他们根本没有卡车来卖给我，连试用的都未必有。”

到目前为止，只有两家大型OEM宣布计划在试生产之外，规模化生产续航里程超过800km的HDT。他们表示，在2025-2030年建成首批生产工厂和供应链网络并开始规模化生产，是比较现实可行的。（请参阅附件24）。



24 OEM发展FCEV和BEV HDT的路线图



受访者指出,在每年新增约300万辆的前提下,完成现有约3,000万辆HDT的更新换代至少需要10年。现实中,由于现有技术和新技术将共存多年,因此全部更新可能需要20或30年。

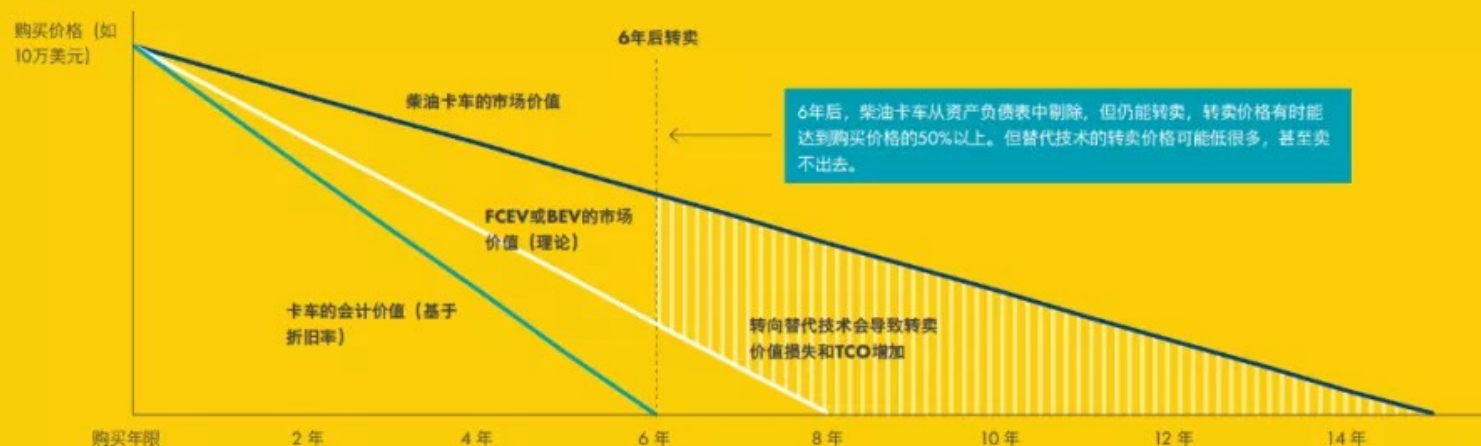
“至少要到21世纪40年代甚至50年代,公路上的大部分卡车才能变成FCEV或BEV。”

车队老板

行业观点: 车队老板推迟投资决定,并延长卡车使用寿命以规避转卖价值损失的风险。

一辆柴油卡车的折旧年限通常不到6年,在这之后,一手车主可选择以较低的相关会计成本继续使用,但更常见的做法是,直接卖到二级市场或由经销商回购。一些车队老板指出,折旧期可能短至三年。因此,在一手车主的TCO乃至利润中,有很大一部分是依赖于卡车在首个持有期后拥有的转卖价值(请参阅附件25)。

2.5 转卖价值不确定对财务的影响 - 举例



资料来源: 采访; 德勤分析

受访者指出, 尤其是在转型初期, 使用替代技术的卡车, 其转卖价值存在很大不确定性。新技术的改进速度通常较已有技术更快, 因此BEV和FCEV的市场价值下跌速度可能比柴油卡车快很多, 这进一步增加了一手车主的TCO。一位车队老板表示: “我不知道氢燃料卡车或纯电动卡车四年后还能有多大价值, 我甚至不知道是否有人愿意买它。” 受访者还指出, 虽然通过维修和改造发动机来

延长卡车寿命是如今的常见做法, 但鉴于电池组成本在总卡车成本中的占比很高, 延长BEV寿命的做法并不可行, 这将导致它们的转卖价值降低。

许多受访者预计, 如果没有更大力度的监管、财政激励或OEM的保证, 即使当替代技术的成本与柴油卡车相当时, 许多车队老板, 特别是小车队的老板, 仍会为了最大

限度地降低转卖价值风险而继续购买柴油卡车。即使逐步停止销售新的柴油卡车, 延长卡车寿命也能简单地规避投资FCEV和BEV的风险。

行业观点: 转型替代技术的车队运营复杂度增加, 导致效率和灵活性降低。

尤其是在消费者期望和电商地位都在提高的背景下, 公路货运承运商持续面临着以低价格提供快速可靠的服务的压力。HDT是错综复杂且高度整合的国际供应链网络的一部分, 它们紧张地奔忙在港口、工厂、配送中心及其它装卸地点之间。因此, 卡车利用率和可靠性是在这个市场取得竞争优势的关键。来自某大型卡车技术提供商的一位高管指出: “卡车应该像个工具一样。它们必须高



度可靠。不能经常出问题。要能很好地融入到仓储网络中。”

受访者指出，不管是给电池充电还是将卡车开往加氢站，早投资替代技术都意味着要牺牲至关重要的运营效率。它还可能产生额外的风险和成本，如，对司机和其他人员进行新技术的安全使用培训所需的成本。一家运输公司的车队负责人解释道：“如果司机忘记在睡觉前给柴油卡车加油，我们早晨会损失20分钟时间。但如果他忘记给电池充电，那么卡车在接下来半天都不能使用。”

在一个车队中使用多种技术对效率尤为不利，因为这不仅使得不同路线上的卡车互换变得更加困难，从而降低灵活性，还增加了所需要的协调工作。来自某大型欧洲承运商的一位高管总结道：“拥有一个采用多种技术的车队，使网络规划的复杂度提高了一个级别。”

行业观点：新技术需要新的维修能力，而新的维修能力需要时间来发展，对运营有影响，且可能产生瓶颈。

为确保车队的可靠运行，许多大型物流公司都具备内部保养和维修能力。柴油机的日常维修通常可在停车场进行，而在途中出故障时寻求外援相对容易。

但如果车主/承运商将柴油卡车换成FCEV或BEV，维修需求必然有所变化。这可能导致某些部件（如传动系统）的维修需求减少，而另一些部件（如底盘）的维修需求增加。无论具体是哪些变化，替代技术都需要车队老板发展新能力，且可能实施更高的安全标准。一位OEM高管说道：“伴随BEV的是高电压，所以，如果我们想自己负责维修，将来就得培训和认证一支维修团队。”这种转变是需要时间和投资的，且可能进一步限制车队的灵活性。有些受访者还指出，保养和维修能力初期将集中在OEM身上，因而可能产生瓶颈和导致成本增加。

6. 基础设施更新换代的容易度

公路货运行业每年的耗能量总计达到约38 EJ (1,100万GWh)，且绝大部分为柴油³³。车队的电气化转型需要对可再生电力、制氢（适用时）及输送网络（如管道）和电网进行前所未有的投资。为维持该行业的灵活性，充电和加氢终端也必须遍布于世界的几乎所有角落。80%的受访者认为基础设施的更新换代是阻碍去碳化的重要因素之一（请参阅附件26）。

附件26

受访者见解

80%

的受访者认为基础设施更新换代的复杂性是阻碍去碳化的重要因素之一

行业观点：替代技术所需的可再生电力供应不足，需要巨额的投资和长时间的发展。

可再生电力将对公路货运的去碳化发挥重要作用，既能直接用于给电池充电，也能间接用于制取绿氢或合成燃料。如今，全球仅有25%的电力产自可再生资源，约合23 EJ³⁴。如果现在全球车队中的所有卡车都被换成BEV，那么将需要全球94%的可再生电力来为它们的电池充电（请参阅附件27）。一位公路货运投资者指出：“首先必须解决绿色电力和氢能供应不足的问题。否则，BEV和FCEV都无法有所作为。”

基于纯电动卡车与氢燃料卡车各自最终的占比，仅公路货运行业每年就需要生产22.44



EJ可再生电力。这相当于目前的可再生能源发电总量的两倍。而这一需求还未考虑到公路货运体量的增长，或者更重要的是，来自工业和居民用户、及其它正在转型行业的需求。受访者认为这是个重大阻碍因素，需要付出前所未有的努力和几十年的时间来攻克。

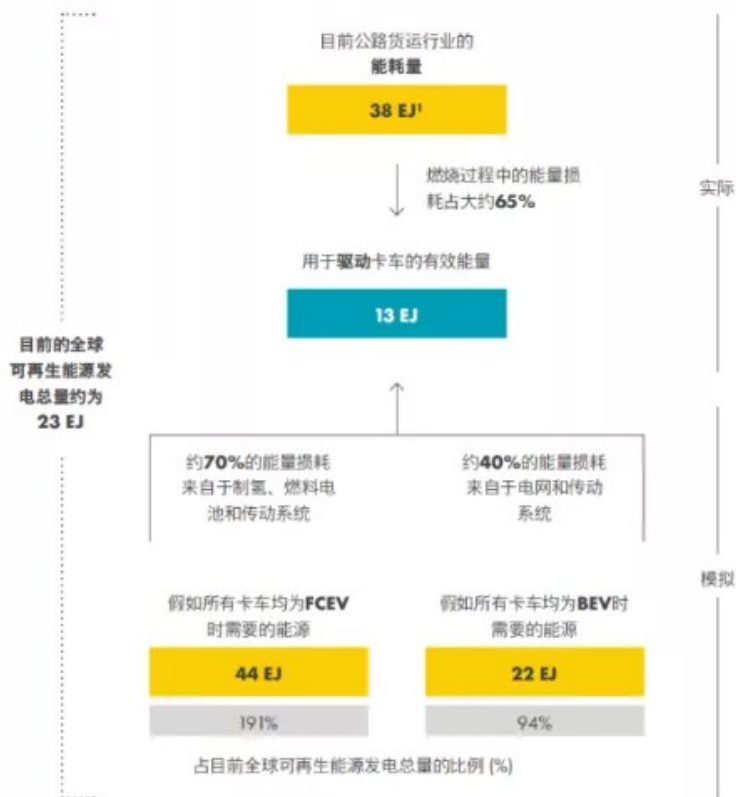
“如果车队中的大部分卡车都已完成转型，我们至少还需要10年才

能生产出给电池充电或制取氢能所需的电力。”

物流公司

受访者还指出，可再生电力供应不足可能导致电价上涨，从而使得BEV和FCEV在转型期间的经济可行性降低。一位货主指出：“需求上涨，价格就会上涨，这会便新卡车做到盈亏平衡都很难。”

27 BEV或FCEV卡车的能源需求 (2017)



资料来源：壳牌 [2018] 天空远景；IEA [2019] 全球1990-2018年的发电量（按能源）；Zong等人 [2015]，迈向智能化能源网络：燃料/燃料电池的作用和技术前景
说明：[1] 基于2015到2017年的TKM增长，壳牌天空远景2015年的公路货运能耗量 [34 EJ] 进行了11%的调整

行业观点：电池和氢能技术的配送和充电/加氢基础设施需要巨额的投资来实现全面覆盖。

因为卡车几乎可以去到任何地方，且无需水路、铁路或其它专用基础设施，灵活成了公路货运的一大重要优势。这种灵活性得益于卡车能与私家车共享道路基础设施和加油站。因此，如果该行业要大规模地转向BEV和FCEV，则实现充电和加氢终端的全面覆盖非常重要。

这里就出现了一个是应先有鸡还是先有蛋的问题。考虑到BEV和FCEV技术都处于发展初期，一方面是政府、能源公司和金融机构不愿意进行大规模的基础设施投入；另一方面是OEM不愿意扩大生产规模，并且车队老板因为缺乏基础设施而不愿意购买新型卡车。正如一位车队老板所言：“除非确信加氢或充电都很方便，否则没有哪个老板会去尝试新型卡车。”

有些很大的车队老板可能有能力自建燃料加注设施，但大多数中小型企业都需要依靠公共基础设施。受访者指出，运输路线根据客户需求而变的公司，尤其需要很密集的燃料加注站点，才能转向替代技术。正如一位大

型车队老板所言：“我们几乎是需要每个角落都有燃料加注站点。我们的许多行程都需要一个连通全欧洲的、高密度的燃料加注网络来支持。”所有替代技术都要面对这些限制，而电池和氢能技术面临的限制最严重。

电池充电

目前的电网是为高度分散的工业和居民用户而设计的，其中的单台设备能源需求相对较小。为HDT安装超快速充电终端——大多数受访者认为这是让BEV具备经济可行性所必需的，将给电网造成严重影响。例如，一个典型的私家车充电站使用的电力约为0.1 MW，而一个“超级充电终端”所需的电力则增加至0.2 MW。从最近公布的BEV卡车信息来看，要想让电池充电时间达到一个可接受的范围，则该行业必须建设高达1 MW（是当前水平的五到十倍）的“特级充电终端”。

许多受访者怀疑这在电力公司对输电网实施重大升级之前是否可能实现。一位来自某大型欧洲物流公司的高管很直白地描述了这一情况：“如果我们把车队转变成BEV，并且全部开始在主要仓储区充电，那么我们周围的整个城市就会立刻停电。”

即使对电网进行额外的投资，在可预见的未来，甚至可能是永远，给电池充满电都需要比给柴油卡车加油或氢燃料卡车加氢多几倍的时间。这意味着需要在高速公路沿线和市区内的服务站中设置更多停车位——可能是当前数量的数倍，来容纳每次需要停靠60分钟或更长时间的卡车（而目前加油的停留时间是15-20分钟）。

加氢

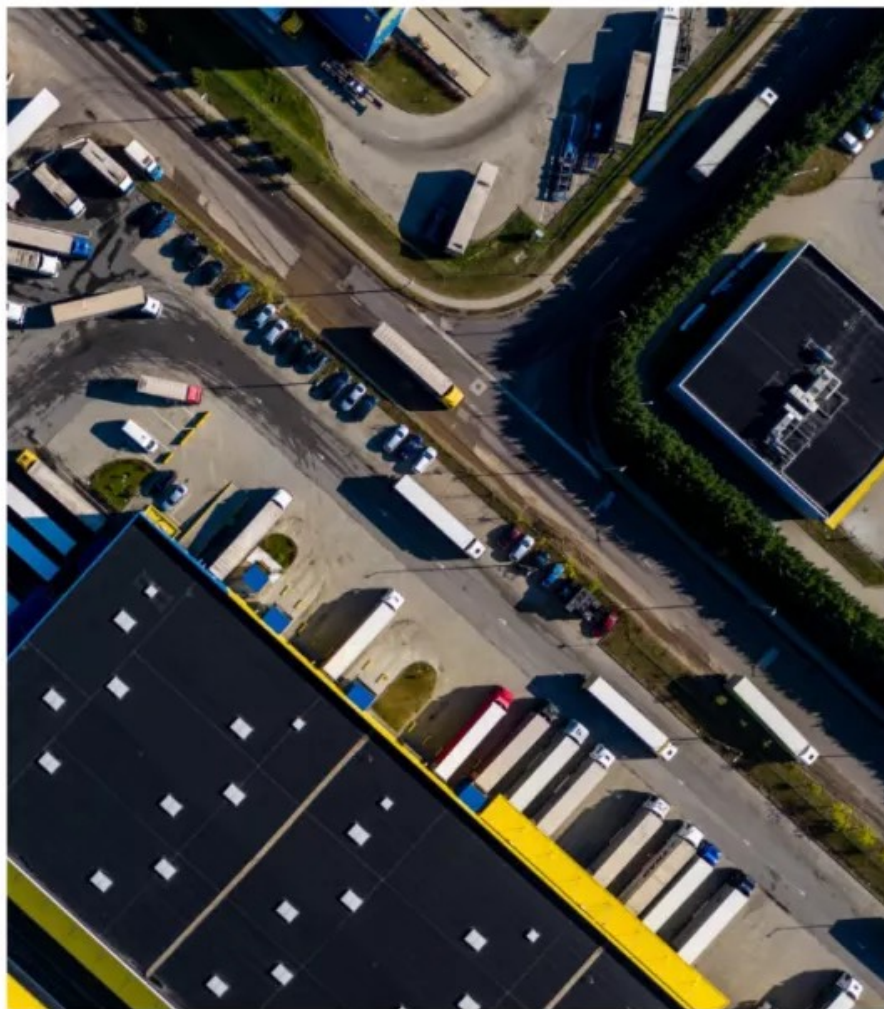
氢燃料卡车的加氢时间与柴油卡车相当，约为15-20分钟。但是，将氢气从制氢厂送到加氢站需要新建输气管网和罐车。能安全可靠地运输氢燃料的技术，在工业领域已有几十年的应用历史，但受访者表示，确保广泛供应公路货运卡车所需的投资规模是史无前例的。有些受访者指出，现有的天然气基础设施可被部分改做输氢设施，但也需要改变管道材料及巨额投资。因此，几乎所有受访者一致认为绿氢设施的全面覆盖还有很长的路要走。

行业观点：仓库所有权和配置使得增加新充电/加氢技术及运营管理都更复杂。

在某些情况下，卡车装载和卸货的时间可以用来进行所谓的“机会充电”。特别是BEV可能依赖这种方式来延长续航里程。正如一位技术提供商所言：“BEV要想达到令人满意的续航里程，必须一到仓库就开始充电。而氢燃料卡车一天可能只需使用一次公共加氢基础设施。”

经营卡车的公司与拥有仓库的公司大都不是同一家。仓库有时属于货主所有，但大多数情况下都属于第三方仓储公司。受访者指出，如果车主投资了电动卡车，他们需要依靠这些第三方给仓库安装充电终端。但仓库业主缺乏进行这类投资的动机，正如一位货主所指出的：“不知道该由谁来为充电终端买单：是得不到任何益处的仓库业主，还是需要在许多不同仓库装卸货的车队老板？”

而且，即使仓库业主愿意建设充电终端，他们也可能担心对可用空间、运营管理和安全有影响。一位长途汽车老板指出：“为了避免经常被撞，充电终端需要紧贴墙壁安装。这大大增加了仓库给车辆排位的复杂度。”因为停车位减少且需要协调充电时段，仓库业主的成本可能进一步增加。



利益相关者 对去碳化阻碍因素的观点

前一章节提到的阻碍因素反映的是全行业对去碳化的观点。然而，每个阻碍因素对不同利益相关群体的影响不同，被感知的方式也不同。为能找到切实可行的解决方案，关键要弄清每个利益相关群体如何看待每个阻碍因素，以及他们潜在的诱因和动机。

通过与受访者合作，我们整理出一系列利益相关者观点（请参阅附件28）来说明这些差异并加深了解。在确定后文中讲述的解决方案时也考虑了这些观点。



28 对去碳化阻碍因素的观点举例 - 说明



Sam
卡车司机

我跑卡车已有很多年，卡车已成为我生命的一部分。虽然我尽量每周至少有三个晚上待在家里。我需要我的卡车安全、舒适，且最重要的是可靠。我不太了解纯电动卡车或氢燃料卡车，只听说过它们噪音小、扭矩大，但加氢或充电不方便。我可不想因为没电或没燃料而被困在一个荒无人烟的地方。我不知道市场会如何发展，我不想去试错。



Petro
货主公司供应链
管理副总裁

我的工作是确保公司的货物和产品以完好无损的状态被低成本快速送达。我们当然想帮助应对气候变化，我想客户也会支持我们使用绿色卡车，但他们优先考虑的似乎是速度和运输成本。因为已承诺要发挥一己之力，所以我认为我们可以负担一点溢价，但我们也需保持竞争力。



Sahana
物流公司老板

我们业务的利润率很低，且与资产利用率高度相关。我们的首要目标，是让卡车达到满载状态，并不停歇地奔驰在公路上。为了达到这个目标，我们需要响应货主需求并把成本压到最低。我还没有看到有许多零排放卡车在销售，但即使有，我也怀疑客户是否愿意为多出的成本买单，而我们拥有的融资选择并不多。而且，除了充电或加氢终端不多，我们对于维修能力也没有信心，更承担不起失去灵活性的代价。



Lin
道路管理部门
负责人

有很多积极的因素在推动我们的工作，但却很难与其它主管部门保持统一战线。在制定一项政策时，我们需要考虑的利益如此之多，以致于很难在确保完成自身工作使命的同时，设定切合实际的时间表，并保持技术中立。例如，我们不能使运输成本过高而扼杀贸易，亦不能强迫OEM将制造岗位转移到海外。而且，我们用作激励的预算有限，并且经常不清楚用在哪里能产生最大影响。



Alyssa
OEM商用车
执行副总裁

令人自豪的是，我们每一代新的柴油卡车都比上一代拥有更高的排放效率。我们正在发展BEV和FCEV，但它们的规模化生产需要新的工程能力，以及巨大的产能和研发投入。这对于我们企业是个重大转变，我们不知道市场会走向何方。而且到目前为止，咨询这些卡车的车队老板并不多。



Samuel
能源公司加油站
总经理

作为我们脱碳承诺的一部分，我们为生产可再生电力和氢能付出了许多努力。然而，前期投资很大，需要漫长的时间来获取回报；我们单枪匹马肯定做不出什么。此外，要建立分布广泛的充电站或加氢站网络，我们还需要需求侧具有一定的确定性。如果能知道FCEV或BEV何时何处开始上路，我们肯定能保证准备好基础设施。



Jacques
银行的交通运输行业
融资负责人

车队老板越来越多地跟我们咨询FCEV和BEV卡车的融资选择。我认为随着监管越来越严格，该行业最终会过渡到FCEV和BEV，但我们尚未做好准备。我们承诺要减少该行业的碳排放，但只有利用经过验证的技术来减排才能让我们更放心。零排放卡车太昂贵，我们不知道如何估算TCO，转卖价值存在太大的不确定性。简言之，现阶段我们面临的偿债能力风险太大。



Zoe
消费者

我经常网购；在实施疫情封锁措施后网购次数更多，因为它太方便了。能很快收到我的包裹（大多数时候是下单第二天就能收到），简直不能令人更开心了。当然，我也关心环境，想为环境保护尽一己之力，但我不认为我一个人能做多贡献：我的碳足迹可能很小很小，但我并不知道到底是多少。关键是，我对送货方式并无多大决定权。

新范式： 去碳化解决方案

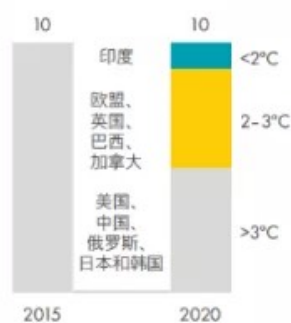


变革的信号

世界各地的政商领袖都在越来越多地做出减排承诺以响应去碳化挑战。最引人关注的两个典范分别是，欧盟（EU）到2050年实现碳中和的计划，中国到2060年实现净零排放的目标。这些承诺越来越多地开始包含公路货运的减排目标，包括减少物流公司自身业务的直接排放（范畴1和2）；以及属于货主供应链的碳排放（范畴3）。[请参阅附件29和30]。

29 气候目标和承诺

全球前十经济体的排放目标¹



做出<2°C公开承诺的全球《财富》500强企业



资料来源：气候行动追踪组织（2020年11月）；Natural Capital Partners；德勤分析
 说明：（1）2015年以前，报告的目标通常未与全球气温相关，而是基于各国的绝对减排目标来推断

30 做出公路货运减排承诺的公司（各行业排名前十的公司）¹



资料来源：公司网站和德勤分析
 说明：（1）排名前十的公司取自于《福布斯》（零售）、3PL Logistics（物流服务）、FirmWorld（FMCG）、BizVibe（服饰）和Value Today（邮政）；排名前十的公司是基于2019年营收额，除开邮政行业是基于截至到2019年末的市值；（2）对于邮政和物流服务，最新年度（可持续发展）报告中的范畴1和范畴2减排承诺，被视为公路货运的减排承诺。对于其它行业，年度（可持续发展）报告中的范畴1和范畴2减排承诺，被视为仅针对于自有车队的减排承诺；如果已做出范畴1/2/3的减排承诺，和/或其中明确提到了第三方（公路）物流，则这被视为整个公路货运的减排承诺。



31 雇员日益关注去碳化

第一次全球气候罢工发生在2019年9月，共有来自150个国家的600多万名学生和雇员参加。他们通过游行对企业和政府的环境影响提出抗议，要求采取更多行动——包括减少化石燃料的使用，并停止资助“否认气候”的政客和智囊团。因为两家公司在环境方面的不作为，亚马逊和谷歌

公司的雇员掀起了第一波罢工。从雇员抗议活动不断增多，且企业越来越多地借助气候承诺来吸引和留住人才可以看出，这些罢工并非偶然。

资料来源：华尔街日报、卫报、CNBC和Wired

在需求侧，大型跨国货主面临来自客户、投资者和员工越来越大的供应链减排压力。这种压力已经开始转化为实际行动，主要体现在，雇员要求雇主付出更大的去碳化努力（请参阅附件31）。特别是那些有自营车队的货主，已在大力推进和大规模地投资低排放和零排放技术。正如一位跨国货主所言：“对于去碳化，我们现在开始真正做到言行一致，因为我们知道，对社会有利的事，对企业也有利。”

监管机构并没有停滞不前，几乎每周都有新的公告宣布更有雄心的去碳化路径和目标。欧盟、加拿大和美国等市场都已公布在2030年前将尾气排放减少20-30%的目标。已有的目标也在提高，英国最近宣布将实施汽油和柴油乘用车销售禁令的时间提前到2030年。受访者预计未来5年监管还会加速，且从2025年开始，大多数地区的目标可能逐渐趋于一致。

“监管政策只会朝着一个方向发展；就是越来越严格，而转型速度将超出我们的预期。”

OEM

附件32

受访者见解

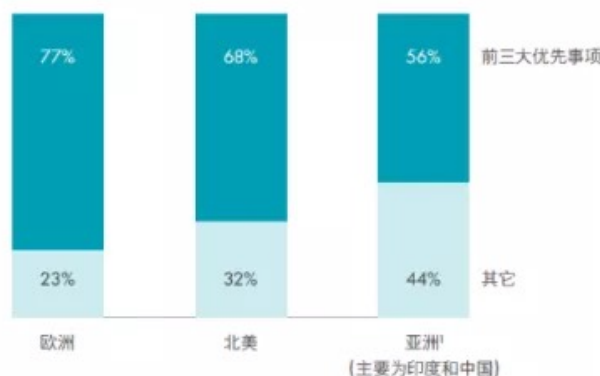
70%

的受访者将去碳化视为他们所在企业的**前三大优先事项之一**

与此同时，对绿色能源项目的投资不断增多。非洲的“可再生能源计划”（AREI）旨在让新增可再生能源发电量到2030年达到至少300 GW³⁵，它反映出为降低可持续燃料成本和创造更丰富的燃料来源所需要的共同行动。以欧洲和美国为主的BEV充电站和加氢站建设也在进行当中。例如，尽管基数小，但加氢站数目从2015到2019年增加了三倍以上³⁶。

重要的是，仅过去12个月，全球几乎所有大型OEM都宣布了发展和商业化替代技术卡车的计划。新行业联盟也在形成，其中包括“零

33 去碳化在不同地区的重要性



说明：(1) 虽然亚洲的受访者表示去碳化是他们所在组织的优先事项，但他们特别提到，这个话题的重要性正在增加，但在这两个市场都还不算高。

“碳公路货运” (Road Freight Zero) 联盟，它是世界经济论坛的一部分，由多方利益相关者组成，旨在推进零排放车队和基础设施的部署。

在这一背景下，约70%的受访者将公路货运去碳化视为所在企业或组织的第一大或前三

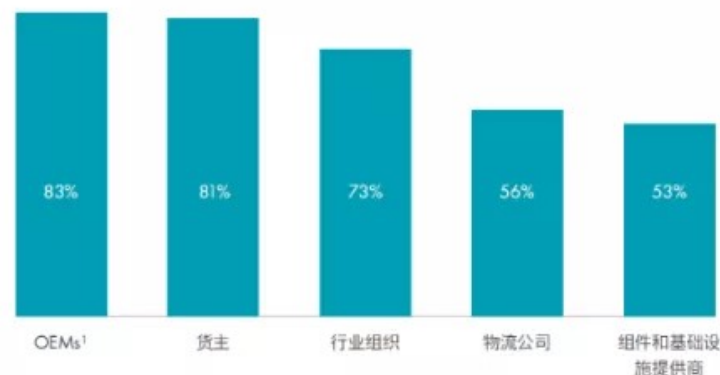
大优先事项 (请参阅附件32)。就地区而言，这种情绪在欧洲最为明显，美国和亚洲紧随其后 (请参阅附件33)。

行业组织 [如商业协会、联盟和NGO]、货主和OEM的受访者，对所在组织的去碳化承诺最为积极，而物流公司的受访者则最为

保守 (请参阅附件34)。对于这一差异，有几位受访者给出的解释是，物流公司 [尤其是那些有自营车队的物流公司] 是必须进行对替代技术进行早期投资的组织。因此，在相信技术和市场环境都已做好准备之前，这些利益相关者会出于谨慎而不承诺他们能够取得的进展。一位车队老板表示：“我们当然知道脱碳有多重要，但我们不可能单枪匹马，也不可能技术没准备好之前就有所行动。所以我们目前只能等待。”

几乎所有受访者都一致认为，疫情可能让公路货运的去碳化得到更多关注。疫情封锁期间，因为路上的车辆减少太多，许多城市开始感受到更清洁的空气和更少的噪音。呼吸系统疾病与清洁空气需求之间的心理联系，让这种感受变得更加强烈。同时，由于全社会更需要必需品被及时地送到家中 and 附近商店，公路货运的重要性更加凸显。正如一位受访者所总结的：“疫情向我们证明，卡车是必不可少的。未来脱碳也是无需置疑的。”

34 将去碳化视为前三大优先事项的受访者



说明：(1) OEM受访者认为去碳化对于他们的核心业务至关重要。

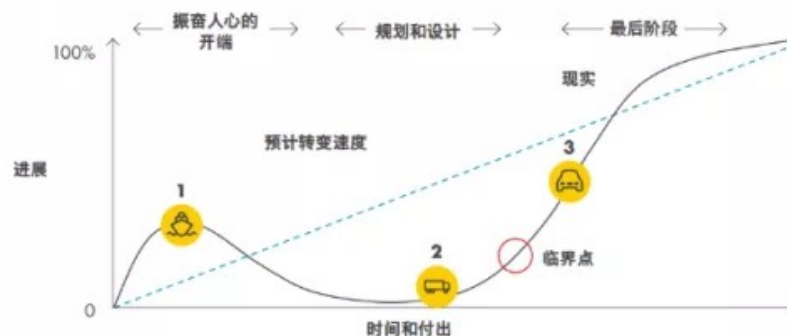
临界点 – 超越规划和设计

为加速去碳化和阐释转型过程，可将公路货运与其它正在经历类似转型的行业进行比较。基于壳牌和德勤在2020年7月联合发布的《航运脱碳齐心协力》报告，并通过分析许多其它行业，我们可以阐明公路货运在脱碳道路上所处的阶段。

有些受访者指出，感知的和实际的转变速度之间往往存在差异，脱碳亦是如此（请参阅附件35）。在早期阶段，共同的去碳化目标

和初步试点的成功，能让利益相关者团结起来，激发乐观情绪，创造出普适全行业的解决方案即将出现的期待。为了广泛部署，技术和基础设施改进的规划和设计日渐深入，这种乐观情绪通常会随之减弱。有位受访者指出，研究表明，在重大转型期间，“中途一切看上去都是失败的”，但其实正在取得巨大进步。该受访者还指出，已确定的阻碍因素的范围和独特性，能证明去碳化的关注度。

35 去碳化vs.典型变革经历的阶段 – 说明



1. 振奋人心的开端 – 以航运为例

- 乐观地认为再有20多年“该行业”就能找到一条去碳化路径。
- 需求和技术一致是主要阻碍因素——事情看上去是抽象的。
- 大多数投资都在未来

2. 规划和设计 – 以公路货运为例

- 进展速度似乎低于预期。
- 基础设施建设和资产规模化生产的实际阻碍似乎令人怯步。
- 新资产仍然非常昂贵，但必须立刻投资（“我该买辆卡车？”）

3. 最后阶段 – 以私家车为例

- 进展速度肉眼可见。
- 基础设施正在大规模地建设，资产正在更新换代。
- 新资产的成本接近平价，投资“容易”。

资料来源：德勤分析，基于Ryan Raffaelli（2018）“领导和管理变革”和Kanter, Rosabeth（2006）“自信：连赢和连输是如何开始和结束的”



许多利益相关者认为公路货运行业正接近临界点，去碳化速度将超预期（请参阅附件36）。虽然尚不具备商业可行性，但公路货运去碳化所需的技术已然存在，并且大多数卡车制造商已经在发展FCEV和BEV。一旦关键要素落实到位——包括同步的激励措施，卡车的规模化生产，以及随处可见的基础设施，就可能看到更明显的进步。

“有许多我们在10年或20年前根本想象不到的机会。”

物流公司

为了脱碳，公路货运行业必须超越规划和设计，开始在运营中部署替代技术，并在运营中对替代技术进行压力测试和改进。目的是形成滚雪球效应，即，越多卡车上路，意味着可靠性越高，成本越低，且基础设施越多，这又能激励进一步投资。许多受访者指出，通过规模化来实现替代技术的经济可行性非常重要，因为像公路货运这样规模庞大的行业，无法长期依赖主管部门或客户补贴。

没有必要等待完美的解决方案。行业利益相关者可以选择在技术、市场和监管方面都已取得巨大进展的产品。因此，现有技术必须迅速地投入商用，以便总结经验教训，取得进一步改进。

附件36

2. 调研的重要发现

公路货运的去碳化，由于监管和市场压力增大正接近临界点，去碳化速度将超预期。

从行驶周期的角度着手

要为该行业的去碳化建言献策，需要更深入地了解卡车的使用方式。大约6,300万辆MDT和HDT是错综复杂的物流网络的一部分，有的用于在相隔数千公里的工厂之间运输物资，而有的负责给市区里的超市运送食品。要想找到正确的解决方案，我们必须看到更多方面的因素，譬如行驶距离、覆盖区域、路线的可预测和可重复性，以及休息次数和时长等（请参阅附件37）。我们用四个“行驶周期”来归纳这些最重要的因素（请参阅附件38）。

MDT和HDT都适用于中等距离（日行驶里程<500 km）和长距离行驶周期。业内认为，这两个周期各自都占据MDT和HDT全部行程的一半左右。以“循环取货”模式运行的卡车日行驶里程最短（不到250 km），它们只跑市区和周边，通常是将货物从当地仓库运送到超市等零售点。在这种情况下，它们经常整晚处于闲置状态。在第二个行驶周期

（“24/7区域运输”）中运行的卡车，日行驶里程通常略长（最长达到500 km），且停工时间大大缩短。

还有两种长距离的行驶周期。第一种是进行跨区域或跨国运输的“多天行程”，日行驶里程最长达到1,200 km，受限于加油时间、司机休息和驾驶时间规定。强度最高的行驶周期是“24/7长途运输”，这种卡车几乎不停歇地进行跨区域或跨国运输。该行驶周期需要多名司机的配合，日行驶里程最长达到2,000 km，卡车几乎没有较长的停工时间。

对于所有行驶周期，还须考虑行程是规划和重复的（也被称为“设计路线”），还是完全灵活的。受访者指出，这对需要多少基础设施及哪里需要基础设施有重大影响。行驶周期也会随着技术和供应链的成熟而逐渐发生变化。例如，随着网络规划的完善和自动驾驶技术的发展，物流公司将更能减少卡车闲

置时间，从而促使“循环取货”模式向24/7运输模式转变。

受访者一致认为“没有普遍适用的解决方案”，行业必须根据不同的应用来选择不同的技术。因此，了解行驶周期是找到可行的低排放和零排放技术的关键。这有助于行业尽早改进特定

的行驶周期，而不是被动地等待全面优化的解决方案

在某些情况下，行业利益相关者可选择从根本上重塑供应链，以发挥新兴技术的优势，提高车队运营效率。

附件37

3. 调研的重要发现

为找到可行的低排放和零排放技术，行业必须从车辆行驶周期的角度着手。



38 典型的卡车行驶周期



说明: [1] 司机每4.5小时休息45分钟; 每日典型驾驶时间为9小时 (某些情况下在欧洲和美国可分别延长至10小时和11小时); [2] 将欧洲、中国和美国TKM外推到其它地区

解决方案

一系列举措已被确定，以解决脱碳的障碍，并使公路货运越过转型的规划和设计阶段。通过行业研讨会和审查会议，这些举措被细化为22个解决方案。

这些解决方案展示了业内已经存在的大量想法和倡议，必须采取的各种行动，以及必须参与的利益相关者。虽然每个解决方案都很重要，但任何单一的解决方案都不足以达成目标。要加速去碳化进展，需要这些解决方案之间的协同配合，以及整个生态圈的紧密协作。

这22个解决方案根据它们的共同点可以分成四大类。

马上行动起来

这个类别包含三个解决方案，它们是能立即实施的解决方案，可利用已有技术来减少排放：

1. **转变可行的行驶周期：**利用已有的BEV和FCEV解决方案，大规模地替换可行的市区短程行驶周期中的中小型卡车和巴士。

2. **定向部署过渡技术：**围绕现有的供应点大规模地部署以LNG、生物LNG、CNG和生物柴油为燃料的卡车，并扩大天然气供应，但不取代对零排放技术的投资。

3. **运行和设计效率：**减少现有车队的排放，例如，通过数字化技术和分析工具来提高公司乃至行业的卡车利用率，并通过其它方式改进运营，如空气动力学特性、驾驶辅助装置以及燃料和润滑油质量等。

形成滚雪球效应

这个类别包含六个解决方案，它们旨在促使整个生态圈共同行动，解决“先有鸡还是先有蛋”的难题。开始建立重型零排放卡车需求从而降低成本：

4. **在产业集群和交通走廊中试点：**利用联盟与伙伴关系，在区域或行驶周期集群及高车流量交通走廊沿线部署零排放卡车，共享基础设施和专用燃料供应。

5. **技术合作：**通过在OEM与零部件供应商之间建立合作关系和合资企业，将技术和生产风险降至最低，以便尽早生产零排放卡车。

6. **联合卡车采购承诺：**通过整合多个车队老板的订单，在降低单价和风险的同时提高需求确定性。



7. 新的OEM盈利模式和转卖价格确定

性：通过新的OEM盈利模式（如卡车即服务）、采购承诺和二级市场的发展，降低车队老板的投资成本和残值风险。

8. 绿色运输服务采购：

通过在招标标准中包含能效和报告要求（并逐步增加权重），并授予期限更长的合约，来激励车队老板进行减排投资。

9. 绿色融资：

建立绿色融资产品组合，并开发新的融资工具，以支持替代技术卡车和基础设施采购，尤其应支持小型车主。

创造成功的条件

这个类别包含九个解决方案，它们旨在为行业利益相关者提供必要的激励和信息，以促进零排放卡车的广泛应用：

10. 消费者的意识和选择：

通过绿色卡车和产品的碳标签、品牌形象及市场营销，提高消费者对用低排放车辆运输的产品需求。

11. 监管发展路径：

制定并宣传未来监管原则和中期政策的重要阶段。

12. 城市间合作：

统一每个地区的主要城市及工业中心之间的清洁空气和低排放区政策与时间表。

13. 加大对OEM的政策支持：

制定针对OEM的政策措施和激励计划，包括车队排放要求和生产激励等。

14. 加大对能源企业的政策支持：

制定针对能源企业的可再生燃料要求和资助计划，以扩大绿色能源生产、充电和加氢网络建设。

15. 加大对车队老板和货主的政策支持：

制定针对大型车队的车主、老板和用户的排放报告标准、指标和激励措施，包括采购激励和减免税额等。

16. 信息分享：

建立知识中心和行业论坛，以分享与技术发展有关的非竞争敏感信息，并提供一个探讨不同路径的平台。

17. 充电、加氢和燃料标准：

建立车队排放、电池充电、加氢应用和氢燃料质量的行业标准，以降低资产投资风险。

18. 跨行业研发：

与面临类似技术挑战的相邻部门合作，共享研发资源，扩大研发规模，包括氢燃料基础设施和工业电池等。

实现规模化发展

最后这个类别包含四个解决方案，它们侧重于卡车和燃料的规模化生产，确保维修能力，及与其它技术路线图的整合：

19. 卡车生产规模化：

扩大BEV和FCEV卡车的产能，逐步减少柴油车技术的生产和投资。

20. 能源生产和配送实现规模化：

从试点集群和交通走廊周围的区域开始，扩大生产和配送基础设施，包括针对可再生电力充电和加氢基础设施。

21. 提升维修能力：

大规模地发展维修能力（包括第三方），以支持转型期间不断壮大的车队。

22. 适应未来的物流：

将脱碳路径整合到更广泛的技术路线图中，如自动驾驶、互联和分析技术等。

马上行动起来

1. 转变可行的行驶周期

许多车队老板已经开始使用小型的替代技术卡车。例如，对于行驶里程相对短，车辆整晚闲置且充电基础设施便利的市区最后一公里，BEV是兼具技术与经济可行性的选择。近期最引人关注的事例包括：亚马逊从美国初创企业Rivian订购10万辆电动卡车³⁷，IKEA承诺到2025年利用电动车辆完成全球范围内的所有送货上门服务，而上海等城市已经实现了这一目标³⁸。

城市巴士一度也走在向氢能和电池技术转型的前列。除了具备适合的行驶周期特点，巴士转型的另一个优势在于，有些主管当局愿意为了减少所在城市的噪音和排放而承担较高的前期成本。例如，深圳是第一个实现公交100%纯电动化（共有约1.6万辆公交车）的大城市³⁹。

LCV和巴士虽不是本次的重点研究对象，但它们对其它细分领域的影响不可忽视。加速可行的车型和行驶周期向BEV和FCEV（请参阅附件39）转型，有助于该行业“马上行动起来，并实现技术和基础设施的不断发展。”——正如一位车队老板所言。通过这样做，该行业将能提高技术成熟度，降低成本，并为可再生能源发电、电网升级和充电终端的投资创造条件。它还有助于提升替代技术的优势，提振市场发展势头。

“只需略微地调整我们的配送方式，就能立即让我们配送车队中的大多数车辆完成转型。”

车队老板

除了转变能用现有技术解决的行驶周期，车队老板还应通过略微调整运营模式来寻找更

多车辆转型的机会。例如，可以把休息地点规划在能进行机会充电的地方，如特定的仓库或商店。

转变可行的行驶周期需要时间和精力，但绝不能分散对难减排领域（如HDT）的关注。



39 行驶周期转型

行驶周期	闲置时间/日	平均行驶距离 (km/天)	LCV	MDT	HDT	总结
	0. 最后一公里，如同 城门到门配送	2-3 x ~0.5h 1 x ~10h	<100	BEV	BEV	- 路程短，使得BEV更适合 - 可使用私家车充电基础设施 - 城市中的低排放区需要加快转型
1. 中等 距离 ~50% ¹	1a. 循环取货，如面向 超市的市区零担配送	3-5 x ~0.5h 1 x ~15h	<250	BEV	BEV和/或 FCEV	- 中等距离，休息次数足够多，使得BEV适合作MDT - 电池尺寸和充电时间使得BEV不适合作HDT
	1b. 24/7区域运输，如 将服装从区域中心运送到 当地仓库	8-12 x ~1h	250-500	BEV和/或 FCEV	BEV和/或 FCEV	- 当机会充电基础设施部署广泛和密集后，BEV从长远来看可能具备可行性 - 随着氢燃料价格下降，不需要高密度加氢基础设施的FCEV，可能很快具备可行性
2. 长距离 ~50% ¹	2a. 多天行程，如满载 生产原料运送	1-2 x ~0.5h 1 x ~1h 1 x ~12h	500-1,200		FCEV	- 考虑到距离长和几乎没有休息的特点，FCEV可能更可行 - 只有在电池能量密度大幅提高，或能进行超快速充电时，BEV才具备可行性
	2b. 24/7长途运输， 如长途固定路线交通 走廊	1-2 x ~0.5h 2 x ~1h	1,200-2,000		FCEV	在可预见的未来，FCEV可能是唯一的选择

替代技术的可行性

■ BEV 更可行

■ FCEV 更可行

资料来源：德勤分析

说明：(1) 估计的MDT和HDT货运总量（吨·公里）的占比。仅供说明之用，基于对车队老板的采访。

2. 定向部署过渡技术

受访者强调，在发展MDT和HDT的替代性零排放技术的同时，LNG、CNG、生物LNG和生物柴油对于公路货运的减排仍能起到作用。虽然LNG和CNG无法将排放减到零，且生物LNG和生物柴油还存在供应限制，但它们技术成熟，可以改善当今卡车的尾气排放。

一位车队老板表示：“它们并不完美，但聊胜于无，它们是我们当前唯一实际的选择。”纵观不同地区，寻求短期脱碳措施的车队老板都开始投身于生物燃料。其中最引人关注的是，英国的John Lewis Partnership宣布到2028年，将所有重型运输卡车都换成由生物甲烷驱动的卡车⁴⁰。混合动力卡车也经常被视作可行的过渡解决方案，能在减少排放的同时维持灵活性。

重要的是，为了避免固步自封，应在不影响零排放技术投资的前提下使用过渡燃料。例如，许多受访者指出，受基础设施和经济制约，印度在公路货运领域部署BEV和FCEV的时间可能比欧洲或美国更长，但在过渡期内可以增加生物燃料或CNG的使用。

过渡燃料项目也可为如何通过定向试点来推广零排放技术提供借鉴。例如，Eco-Gate是

一个由欧盟支持的项目，由50多个联盟合作伙伴和利益相关者组成，旨在沿欧洲南部的战略性交通走廊建立天然气供应点和加气站网络。

许多受访者指出，大多数快递公司和许多物流公司已在使用碳补偿。在找到可行的替代技术之前，碳补偿将继续为减少净排放发挥重要作用。虽然大多数受访者都认为碳补偿是很有用的过渡解决方案，但也有一些受访者担忧：“碳补偿有可能转移对实际问题的关注和投资，并给无所作为提供借口。”——正如来自某大型货主的一位高管所言。碳补偿不应分散对脱碳路径的投资，而且应尽可能被用于对行业脱碳有帮助的项目，如可再生能源生产。



3. 运行和设计效率

大多数受访者指出，现有车队仍有机会通过改进卡车设计和运行来减少排放。某技术公司指出：“该行业的许多公司单凭现有技术和优化运营，就能减少30%的排放”（请参阅附件40）。关键是，这些改进因为能降低耗油量和成本，通常还能对ROI产生积极影响。

设计改进主要涉及到减少车辆的阻力、摩擦和滚动阻力，例如使用自动轮胎压控制和节能润滑油。大型车队老板已采用了许多最新技术，但许多受访者认为，在行业中占比很大的小公司仍有很大提升空间。这些公司需要得到帮助，以认识并获得投资于较新的卡车型号和改装旧车型所带来的长期节约。这可以通过将关键技术纳入标准卡车型号、为

卡车升级设计融资方案以及提高对TCO的认识等措施来实现。

“有些公司空载行驶的卡车达到30-50%；这就是你能立即开始脱碳的地方。”

车队老板

受访者认为，通过提高运行效率——特别是减少空载或非满负荷里程——能收获更大的减排潜力。解决空载问题还可以通过减少公路上的卡车数量和缩小挑战的规模来加速实现零排放。然而，如果不采取措施减缓电子商务的上升态势，并管理消费者对送货时间的更高期待，空载里程和卡车数量可能仍会增长。最大的改进机会来自于发展中国家的国内运输，其空载里程通常是发达市场国际路线的两倍⁴¹。

40 效率改进措施举例——重型卡车¹

	设计效率			运行效率		
	空气动力学	轮胎	传动系统	路线优化	列队行驶	驾驶辅助
描述						
	减少阻力（如间隙密封和船尾）	低阻力轮胎和胎压自动控制	传动装置和减少摩擦（如更优质的润滑油）	利用数字化解决方案优化（部分）空载路段 ²	跟车匀速行驶，几乎无需改变速度	前瞻性的巡航车速控制和自动绿色驾驶
ICE节油潜力（%）	6-14	1-9	1-4	1-25 ³	4-17	1-10

资料来源：ICCT [2012] 减少重型卡车的空气动力学阻力和滚动阻力；ICCT [2017] 欧洲重型车辆的燃油效率技术；ICCT [2018] 长途运输的自动化；Torabi和Wahde [2018] 重型车辆的节油驾驶策略；英国政府科技办公室 [2019] 公路货运去碳化；商用车队 [2019] 货物分配：如何避免空载行驶；欧盟运输与环境联合会；RTS；ACEA；德勤分析说明：（1）不含卡车以外的优化（如柏油高速公路可能使燃油效率提高6%）；（2）卡车空载里程和未得到利用的载重能力估计分别占20-28%和37-39%；（3）假设空载卡车和部分空载卡车都能得到优化

最后，加大利用互联和分析技术可以提升卡车效率，而采用数字化整合平台有助于更好地匹配供需。这对优化单个公司乃至整个行业的网络都有帮助。受访者还提到通过利用列队行驶和驾驶辅助等解决方案，有机会减少单个行程的排放。

形成滚雪球效应

4. 在产业集群和交通走廊中试点

车队老板在投资替代技术卡车之前，首先希望确保这些卡车能在正常行驶区域附近充电或加氢。但如果路上的BEV和FCEV卡车太少，投资充电和加氢基础设施就不具备可行性。

为能立即开始解决这个“先有鸡还是先有蛋”的难题，车队老板、基础设施提供商和OEM可以携起手来，在地理范围小而货运体量大的产业集群或交通走廊中进行替代技术试点。在这些精心选择的区域中，试点合作伙伴可以确保足够的基础设施密度和卡车数量，以证明投资对双方都具有合理性。一位受访者进一步解释道：“在靠近北海的一些地区，有几十家牲畜饲养和乳制品公司密集地分布在很短的路线上。我们可以只用几个加氢站覆盖整条线路的氢燃料卡车。”

与目前广泛使用的以技术为重点的试点相比，涉及实际商业运营和多个车队所有者的试点将对技术发展产生更大的影响。车队运营商将分担成本和运营风险，并生成大量数据，说明新技术在实际工作周期、运载实际货物和在实际站点加油时的表现。这些数据将为OEM在降低成本的同时提高BEV和FCEV可靠性提供宝贵的信息。大型货主也将发挥关键作用，尽早投资卡车可帮助他们实现自己的减排目标，并促进技术发展成熟，以便较小的物流公司可以后续使用。

“联盟是生态系统合作伙伴在减少风险的同时，从新技术中获得规模 and 收益的双赢局面。”

金融机构

在公路货运行业，汇集多个运营商的项目仍然很少，但最近已经启动了几项同时涉及卡车和基础设施的试点项目。最突出的例子有，Scania和ASKO合作在挪威使用氢燃料卡车⁴²，以及美国的“西海岸电动高速公路”项目⁴³（请参阅附件41）。瑞典和德国还进行了架空线路充电试点，以加速特定交通走廊的BEV转型⁴⁴。

随着试点范围的扩大，扩展区域和交通走廊将变得更容易。这些首批试点项目将有助于降低技术成本，扩大基础设施网络，并建立对实际运营的信心。



41 5号州际公路

5号州际公路是北起加拿大南连墨西哥的一条主要通道，途经美国西海岸的许多大城市。“西海岸电动高速公路”项目旨在让该通道及其相连的高速上的乘用车和货车都实现电气化。

该项目计划到2025年建成27个间隔约为80公里的ICV和MDT充电终端，并到2030年将其中的14个升级为支持HDT的充电终端。

虽然该项目需要进行电网升级和房地产投资，但高车流量能为商业成功提供支撑。该项目还能利用政府的支持和已有的乘用车网络。这些因素为开始扩大基础设施规模创造了条件，从而降低技术成本，提高技术成熟度。

资料来源：Greencarreports.com

5. 技术合作

由于替代技术卡车的需求和监管环境不确定，OEM迄今不愿意扩大FCEV和BEV的生产规模。目前，大多数OEM仍将其脱碳的重点工作放在小范围的概念车改进和测试上。这使得市场在需求和供应侧仍然双面受限。

获取关键技术部件、重新设计供应商网络、升级生产设施及重新培训劳动力都存在风险并需要投资。合资企业和其它合作机制可为降低风险和分散投资提供有效途径。这使

OEM能先在“边缘”业务进行创新，并随着业务的成熟逐步向核心业务转移。受访者认为合作主要有三种模式。

首先，与氢燃料电池或电池制造商等关键部件供应商合作进行研发，可以帮助原始设备制造商更快地获得关键技术，同时管理与卡车其他部件集成的风险。正如某OEM所指出的：“如果我们想迅速将可靠的BEV推向市场，与电池供应商合作是必须的。伙伴关系将比自己投资技术更有价值。”

其次，OEM之间的伙伴关系有助于加快替代技术进入市场和扩大生产所需的时间。某OEM强调说：“合作能让我们扩大研发投入，管理技术风险，并围绕一个共同目标发挥核心竞争力。”近几个月来，已出现这种模式的范例。主要有依维柯（IVECO）近期与Nikola成立合资公司，以加速氢能HDT的开发，并与其它OEM结成合作伙伴关系（见附件42）⁴³。戴姆勒与沃尔沃成立的燃料电池合资企业⁴⁴可为这种合作提供一个蓝图，这两家跨国OEM计划共同致力于“开发、生产和商业化燃料电池系统”，但它们“在汽车技术和燃料电池与卡车的集成等所有其它领域仍是竞争对手。”

第三，为加速市场发展，OEM与生态系统中的其他利益相关者（如基础设施提供商）建立合作关系。Iionity是纯电动乘用车市场的一个备受瞩目的合作案例。这是一家由知名汽车厂商共同成立的合资企业，旨在沿欧洲主要公路建设一个大功率充电网络（请参阅附件43）。

42 技术合作范例 – OEM

	现代/康明斯	Traton/日野	比亚迪/丰田	戴姆勒/沃尔沃
卡车类型	BEV和FCEV	BEV和FCEV	BEV	FCEV
共同发展	将两家企业的部件整合到一辆卡车中	卡车和平台开发，包括软件和接口	卡车和平台开发	燃料电池技术开发
起始年份	2019	2020	2020	2021
重点地区	北美	全球	中国	全球

资料来源：现代（2019）现代汽车公司和康明斯开展氢燃料电池技术合作；大众汽车（2020）TRATON和日野成立电动汽车合资企业；丰田（2019）比亚迪和丰田共同成立合资公司，共同研发纯电动汽车；戴姆勒（2020）燃料电池合资企业。沃尔沃集团与戴姆勒卡车公司签署具有约束力的协议
说明：“平台”是指卡车的主体，包括底盘、传动系统、转向和悬架



43 Iionity: 大功率长距离BEV充电基础设施

Iionity项目于2017年启动，是由7家OEM（宝马、福特、现代、梅赛德斯-奔驰、大众、奥迪和保时捷）成立的合资企业，旨在为全欧洲的纯电动乘用车建设一个大功率长距离充电网络。为进一步推动纯电动乘用车在欧洲的广泛应用，需要建设更多充电基础设施。

该项目是OEM与20个位于欧洲主要公路或附近的大型公路服务站品牌的密切合作。到2020年底，Iionity将有400个快速充电站投入运行，它们都采用标准化的充电程序，能为参与的OEM车辆提供快速充电支持。

资料来源：Iionity.eu

6. 联合卡车采购承诺

在一个以小公司为主的市场，任何一家公司都不足以创造出能使技术成本降低的替代卡车需求。因此，车队老板应达成联合采购承诺，以说服OEM为扩大生产规模而投资。更大的订单量可能降低车队老板的购买单价，从而使TCO更具竞争力。

针对特定地区或公路货运交通走廊的联合采购承诺，还能因为需求确定性更高而激励基础设施提供商对这些地方进行投资。如果需要，联合采购承诺可扩展至包含车辆所用燃料。

7. 新的OEM盈利模式和二级市场确定性

许多受访者建议，OEM需要帮助车队老板降低替代技术卡车高昂的前期成本，并降低与卡车残值和维修有关的风险，以刺激需求。如果不采取这些措施，采用替代卡车对于车队老板（尤其是小型车队）将不具备经济可行性——正如某运输公司的高管所言：“如果我今天买一辆现有最好的电动卡车，而我的竞争对手明年买一辆续航里程翻倍的卡车，那我的生意必会遇到麻烦。”

为了降低前期所需的投资，并解决技术快速进步使得所有者处于不利地位的风险，OEM可以采取“卡车即服务”的过渡业务模式。承运商不需要购买卡车，而是根据行驶里程等支付使用费，并能在一段时间后换成新车型。降低残值风险的其它可能解决方案包括：二级市场购买承诺，政府为卡车价值提供担保，以及延长零部件保修期等。

“如果知道能在三年后以合理的价格卖掉卡车，我的商业模式就能清晰很多。”

物流公司

OEM可通过在购买价格中包含附加服务项目，进一步提升替代卡车的商业价值。受访者特别提到的、有吸引力的激励措施包括：维修服务，以及使用充电或加氢基础设施网络的优先权或折扣。

8. 绿色运输服务采购

受访者指出，虽然有些大型货主最近开始在公路货运招标中纳入排放相关问题，但这对选择哪家物流公司通常影响有限。为加速去

碳化进程，货主应提高排放标准在招标中的重要性。某货主表示：“货主对于说服车队老板购买最新的、拥有最高排放效率的卡车具有关键作用。”

第一步是提高透明度。作为参加投标的条件，货主应要求供应商提供有关其车队排放效率的数据，以及改进排放效率的计划。虽然起初不作为评标标准，但这一要求可向车队老板释放重要信号，并给他们时间准备更实质性的行动。

第二步，货主应在招标中包含排放效率标准。有些货主已在使用的一种常见机制是，设定车队中使用欧六标准或同等标准发动机的卡车的最低比例。货主还应该明确，标准本身及它们的相对权重将随时间而变得更严格。且在FCEV和BEV变得广泛可用时，标准将包含零排放要求。

第三，拥有可预测公路货运量的货主，应更多地向经营排放效率最高的车队的供应商授予多年期合约。这有助于增加车队老板获取外部融资的机会，并降低他们投资失误的风

险。它还为货主更公平地分享更高效卡车带来的益处（如燃料节省）提供了可能。

9. 绿色融资

替代技术卡车的初始成本可能是同等柴油卡车的三到四倍，但运营成本可能较低——尤其是在考虑到补贴的情况下。受访者指出，传统的公路货运贷款未考虑到这些成本差异。这限制了该行业利用外部融资投资过渡燃料（如LNG、生物LNG或生物柴油）及后期的FCEV或BEV技术的能力。

因此，银行和其它金融机构应对其贷款组合的可持续发展目标做出承诺，并开发专为替代技术设计的金融产品。应重点支持难以自筹资金购买新卡车，或难以获得政府支持的中小型车队老板。

为分散早期技术投资的风险，金融机构可能需要打造共享投资组合，或具有更高风险与收益阈值的独立投资工具。此外，可能需要新的保证机制来解决资产价值更不确定的问题，譬如主管部门担保。

世界绿色建筑理事会的绿色抵押贷款倡议是房地产行业一个值得借鉴的例子。在该项目中，房主若购买能效更高的房屋或采取措施提高房屋能效，则在向37家欧洲主要银行申请按揭时可享受优惠利率⁴⁷。这使得房主能够降低购房成本和费用，而银行也能达成绿色投资组合的目标。它也扩大了居民家庭对高效技术的需求。



创造成功的条件

10. 消费者的意识和选择

货主，尤其是向终端消费者销售产品的公司，可提高产品配送的碳足迹的可见性。这将使消费者在选择更可持续的产品和配送方式时做出更明智的决定。选择这条路线的货主可因为它们的品牌和产品在消费者眼中更与众不同而获益。

多家著名公司（包括联合利华⁴⁸、Oatly⁴⁹和 Allbirds⁵⁰）最近已证明，产品的碳标签是提高消费者意识的一种可能措施。下一步是让消费者在拥有不同碳足迹的产品之间做出选择。在某些细分市场，可持续性产品甚至可以卖出更高价格，就像有些消费者已经选择了更昂贵的公平贸易咖啡及散养鸡蛋和鸡肉一样。

除了产品本身，企业还可让消费者更容易地选择低排放的配送方式。来自某大型消费品公司的一位高管如此说道：“客户在网购时肯定希望他们的商品能被尽快送达。但是，有些消费者也许会同意略微放慢送货速度。如果我们告知他们这样能减少排放的话。”

卡车本身也可成为一个重要的营销工具。通过使用更多品牌卡车，并对使用低排放技术的卡车进行标识，货主可获得一个额外的营销工具，并能借此将脱碳投资转化为品牌资产。

“我们肯定会从自己的车队开始脱碳。这是我们建立商誉的一种方式。”

跨国货主

11. 监管发展路径

由于政策制定者有一系列的工具可以使用（请参阅附件44），所以至关重要地是，他们要确定并公开将要使用的工具，以及如何让它们相互配合以实现总体脱碳目标。

各级政府（特别是国家和联邦政府）应清晰地给出到2030年及以后可能出台的法规类型，以及制定目标和阶段性任务时遵循的原则。正如美国的一个跨国货主所言：“美国虽有个别州设定了激进的目标，但联邦政府的明确态度更重要。”

可以借鉴国际海事组织（IMO）对航运业采取的方法。2018年，IMO公布减少全球航运业温室气体排放的初步战略，设定了2030年和2050年的绝对及相对排放目标。IMO将在2023年公布更具体的措施。原则之坚定足以使其不受政府潜在变化的影响。

通过制定出共同的路径和时间表，公路货运监管机构可以帮助车队老板、OEM和能源公司携手为一个共同的目标而奋斗。有了对未来长远情况的清晰认识，利益相关者更可能以渐进的、经济可行的方式去发展替代技术，突破卡车与基础设施之间“是先有鸡还是



4.4 可能的法规、政策和激励 –初步、非详尽

	监管对象	监管方式			
物流公司/车队老板	卡车购买	通过费用减免来平衡TCO（含增值税减免）	通过贷款来克服高前期投资成本		
	卡车使用	重量和规格（如提高ZEV的重量限值）	城市和市区的低排放区 ¹	根据排放减免道路通行费	征收燃料碳税，以平衡替代燃料的成本价
	车队所有权	以回购的方式报废卡车，以免卡车被卖到其它国家继续使用	在一定期限内给予清洁卡车税收优惠	优化卡车和挂车外壳（比如采用减阻外壳） ²	定期进行真实工况排放合规性验证
OEM/零部件制造商	卡车生产	尾气排放（污染和发动机能效） ³	从油井到车轮的排放（污染、发动机能效和燃料类型） ^{3, 4}	全生命周期的排放（包含建造和回收期间的排放在内—全生命周期） ³	
基础设施提供商/能源企业	燃料组合销售	燃料调配（如柴油中添加的生物燃料比例）和质量（如含硫量）	销售的零碳或低碳燃料占比		激励可再生燃料/能源生产，以改进成本竞争力
	基础设施建设	要求建设基础设施，以保证最低网络密度和使用便利性	制定标准（包括安全/加氢/充电标准）		
货主/客户	物流足迹	尾气排放目标（可能包含补偿）	将运输排放纳入排放交易机制（ETS）	研发激励（如为开展试验提供资助）	
金融机构	投资组合的构成	绿色卡车在投资组合中的占比	通过担保来降低投资风险，比如降低残值的不确定性	满足最低可持续融资标准才提供贷款	

■ 常被提为高优先级事项

资料来源：采访；德勤分析

说明：（1）涵盖停车、装/卸车时间窗口或特定的低排放或零排放车道；（2）包含空气动力学特性改进和滚动阻力减小；（3）可能包含卡车的挂车；（4）也可能适用于基础设施提供商或能源企业

先有蛋”的困境，并将投资失误的风险降到最低。

“采用从油井到车轮的方法，将有利于可再生燃料的应用，同时实现技术中立。”

行业组织

监管机构应采取能涵盖能量载体整个生命周期的目标设定方法。这种从油井到车轮的方法涵盖燃料或能源的生产、配送及最终在卡车中的使用。还可进一步地涵盖与卡车组件（如电池和燃料电池等）的生产和报废处理有关的环境足迹，但大多数受访者认为这过于复杂。受访者优先考虑的其它措施包括：卡车购买激励，征收燃料碳税，以及安全、加氢和充电标准。

12. 城市间合作

为减少空气污染和噪音，城市主管部门越来越多地采取措施，限制采用老旧技术的卡车进入市区或部分区域。巴黎等城市计划在未来几年彻底禁止非零排放车辆进入市区。许多受访者认为这些低排放区是实现脱碳的重

要催化剂，一位车队老板解释道：“城市禁令因为容易实施而格外有效。符合要求的卡车能进，不符合要求的就必须换车。”

不同的城市（即使是相距很近的城市）目前采取的排放监管方式可能截然不同（请参阅附件45）。受访者指出，如果低排放区能得到更广泛和一致的应用，其影响可能更大。因此，各地区的重点城市和工业中心应设定一致的目标和时间表。这将为位于特定地区运营的企业创造一个公平的竞争环境，加强投资更高排放效率的卡车的激励。

重要的是，因为车队老板会努力避免进入市区前换车的麻烦和成本，所以低排放区通常能促进车队的全面改善，并因而“对周边地区的货物运输产生滚雪球效应。”——正如一位行业组织代表所言。如果采取更加统一的模式，效果还将更加明显。正如另一位受访者所言：“所有卡车都必须换车，包括那些不进入市中心的卡车在内。”随着城市的发展，送货上门服务的增加，以及发展中国家的城市化发展，这一解决方案的影响将随时间而增大。

45 重型卡车低排放区 - 说明

英国伦敦

法国巴黎

德国汉堡



区域	大伦敦区 ¹	市中心	两条街道
实施时间	24/7	8am - 8pm	24/7
要求的欧洲标准	欧六	欧五	欧六
预期变化	待定	2024：无柴油车 2030：只接受ZEV ²	待定
违规处罚	按日收取罚金	罚款	罚款

■ 最严格的规定

资料来源：伦敦交通局（2019），市区进入规定
说明：（1）自2021年起，低排放区已从市中心扩展至大伦敦区；
（2）零排放车辆

13. 加大对OEM的政策支持

监管机构为了减少卡车排放，通常会对OEM生产的发动机制定更严格的规定。这些规定要么是要求所有发动机都必须达到的最低排放效率水平，要么是要求某一家OEM销售的所有卡车必须达到的平均排放水平。

受访者指出，有些地区早在十多年前就制定了HDT排放目标。鉴于近年来替代技术的前景已有显著改善，且许多OEM都公布了生产零排放卡车的计划，现在正是加速制定和统一这些目标的最好时机。受访者指出，加州等地要求到2035年销售的40%的HDT必须是零排放，可以作为该行业如何实现目标的一个典范。正如一位货主所言：“与其进入加州前换车，倒不如在全国范围内都实行加州模式。”

监管机构还应加强激励，以帮助OEM对替代技术进行更早、更大规模的投资。受访者提到了欧盟的“超级积分”机制，即，在转型初期达到更高零排放车辆比例的OEM，可获得总体排放要求降低的奖励。

14. 加大对能源企业的政策支持

需要出台政策和激励措施来加快能源基础设施的建设，包括可再生电力的生产、制氢、能源配送及充电和加氢网络等。通过适当的支持，政府和监管机构可帮助解决需求不确定及基础设施所需的前期投资大的问题。

某车队老板指出：“绿电是最大的瓶颈之一。”监管机构可以选择要求能源公司生产一定比例的可再生能源发电来刺激投资。例如，加州要求到2030年电力公司至少50%的电力应来自于可再生能源⁵¹。欧盟的《可再生能源指令II》规定了运输行业所用的生物燃料获取财政支持所需达到的条件⁵²。政府一般通过减税、补贴或直接投资的形式提供激励。例如，日本、中国和欧盟当局都已承诺大力投资绿氢生产以蓄积早期的发展动力。

政策对于建设电池充电和加氢网络也将起到关键作用。这种支持可以采取与电能生产相类似的形式，即，规定可再生燃料在出售的燃料总量中所占的最低比例。监管机构也可强制加油站提供特定类型的替代燃料。政府

也可削减消费税、提供补贴和直接投资。例如，中国政府将投资100亿元人民币（约合15亿美元⁵³），帮助在2020年将该国的充电网络扩大50%⁵⁴。此外，可能还需要资金支持来进行电网升级以支持电池充电，以及建设输气管网来输送氢气。例如，英国政府已承诺投入280亿英镑（约合378亿美元⁵⁵），将现有的低压天然气铁管改造成氢气和生物甲烷输送网络⁵⁶。

早期监管和投资应集中在进行试点的特定集群和交通走廊中。然而，能源公司和政府必

须在试点之外计划进一步的投资，以确保在替代技术卡车开始大规模地进驻车队时（可能在2025年前后），能有足够大的充电和加氢网络提供支撑。

“我们不能全面撒网。我们必须从具备可再生能源和运输需求的集群开始，这里有政策支持、能源供应企业和较大的客户网络。”

OEM



15. 加大对车队老板和货主的政策支持

替代技术卡车实现大规模生产时，购买和使用成本都可能高于柴油卡车。为刺激早期需求，监管机构必须采取措施帮助车队老板和货主把TCO降到与柴油卡车相当的水平。当新旧技术的成本变得相当时，即可撤销这些措施。一位OEM高管解释道：“一切都是为了创造有利条件来刺激对这些新卡车的需求，帮助它们快速上路。”受访者提到对新车购买实行税额减免和融资激励的重要性，并指出这些措施在一些国家已被成功地用于推动电动乘用车的转型。

监管机构还可采取降低新车运营成本的手段。受访者提及次数最多的是，对氢能或生物柴油实行定向的、有时限的税额减免和补贴。几位受访者提到过去十年里通过补贴政策来刺激可再生电力投资的例子，以证明这种手段的有效性。有些受访者还指出，研究显示风力发电如今已成为成本最低的电力来源之一⁵⁷。

免除替代技术卡车的通行费和拥堵费可作为降低TCO的另一种方式。几位受访者指出，德国已对使用天然气的卡车实行免通行费政策⁵⁸。

“免通行费的方法证明了在真正需要的地方进行激励的重要性。免通行费每天都能让长途货运公司受益。”

行业组织

16. 信息分享

只有更多利益相关者都有机会获得最新趋势和发展的相关信息，公路货运行业才能加快替代技术的应用。目前，这类信息主要掌握在少数几家大公司手中，而小型车队老板缺乏寻找和实施最佳实践的资源。受访者指出，小公司因此通常是最后一个投资新卡车发动机和互联解决方案，即使有些投资已能带来有吸引力的经济回报。正如某行业组织代表所言：“小卡车司机忙于经营生意；他们没有时间去考虑5年后的事情。”

为减少信息不对称和加快脱碳进程，该行业应更多地利用工具和行业论坛，来分享与脱碳有关的非竞争敏感知识。例如，有些受访者建议构建一个由行业组织管理的数字知识平台，用于分享与试点、联合采购协议、TCO估算和最佳运营实践有关的最新信息。可以将现有的行业协会（如欧洲清洁卡车联盟）作为入手点。

17. 充电、加氢和燃料标准

柴油卡车的一个主要优点是它能在世界上几乎任何地方加油，不因生产卡车的OEM而受限，亦不用担心燃料和设备不兼容。虽然替代技术和基础设施需要多方的同步发展，但公路货运行业必须努力让FCEV、BEV和过渡技术达到类似水平的互通性。某大型OEM的高管指出：“卡车、基础设施和操作系统之间必须在任何地方都能保持互通互融。”

对于BEV卡车，受访者呼吁对电量（kW）和充电终端的接口类型进行标准化。这会直接影响卡车使用的技术类型，一位OEM高管即

指出：“我们听说过3 MW的卡车充电终端，但问题是，如果我们现在插上电源，只会烧掉电池。”

要让FCEV卡车能够广泛可用，受访者指出显然需要将加氢过程及氢气运输和储存标准化，且尤其应考虑到液化和加压选项。受访者还指出，围绕氢的绿色、蓝色和其他颜色，制定更明确的标准将有助于该行业的发展。

尤其是在FCEV和BEV的发展道路较长的地区，LNG、生物LNG、CNG或生物柴油等过渡燃料的标准化也很重要。印度一家承运商的高管强调，对新燃料或新卡车技术的信任，与政府制定的规则紧密相关：“我们对生物燃料持怀疑态度，是因为没有政府的保证，且加油站提供的燃料质量可能一天一个样。”

几位受访者还指出，可以建立一套标准或认证体系，以便能按照共同参照框架评估车队的碳强度。这有助于货主在招标过程中识别和选择排放效率最高的承运商。



18. 跨行业研发

公路货运脱碳所需的许多替代技术组件，如电池、充电终端、氢燃料电池和电解装置，在其它行业已有广泛的应用。这为技术提供商与公路货运行业利益相关者（尤其是OEM）及其它难减排行业（如航运和空运）的企业建立研发合作创造了机会。

凭借规模优势和广泛的专业知识，跨行业合作可以缩短技术开发周期，刺激对可再生能源或绿氢的需求，并有可能争取到主管部门的更多支持。合作能让技术和基础设施提供商获得更多试验数据及早期的启始客户基础，也能让OEM优先获得生产BEV和FCEV所需的关键部件。此外，受访者提到，提高电池能量密度和改进电解制氢过程，是跨行业研发最能有所作为的两个重要领域。

“大家都在努力降低氢能成本；所以我们可以一起干。”

OEM

实现规模化发展

19. 卡车生产实现规模化

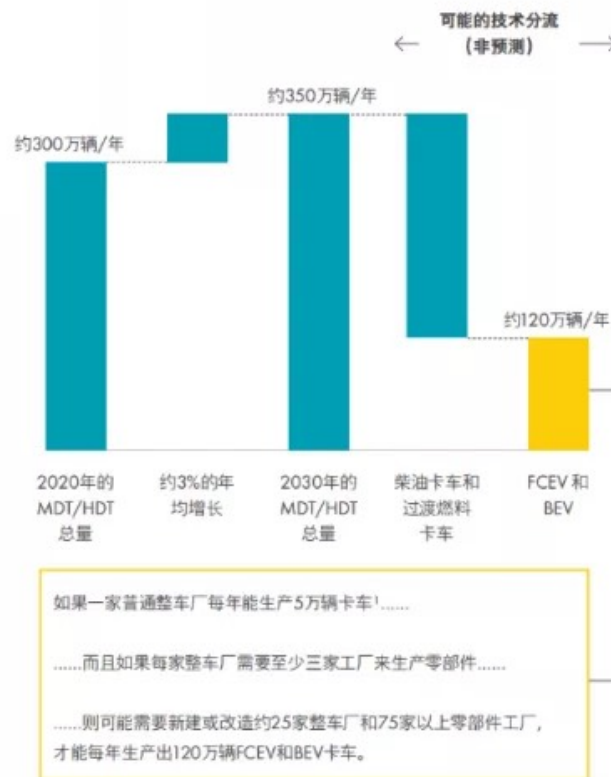
OEM迄今宣布的几乎所有零排放MDT和HDT都处于概念或前期研发阶段，只有少数车辆进行过道路测试⁵⁹。然而，随着车队老板越来越多地抛出需要在未来几年交付的、数十⁶⁰甚至数百辆FCEV和BEV卡车⁶¹订单，OEM必须开始扩大产能。

一些行业高管估计，未来10-15年出售的卡车中，有三分之一都将采用替代传动系统⁶²。要达到这一水平，预计OEM每年需要生产120万辆FCEV和BEV，相当于需要25家专门的整车厂和75家以上零部件工厂（请参阅附件46）。

所需投资可能达到数百亿美元。考虑到需要的成本和时间，OEM必须现在就开始制定具体的投资计划。正如某OEM高管所指出的：“虽然尚未达到所需要的水平，但我们都有可以上线并准备扩大生产的产品。”

BEV和FCEV的技术部件不同于柴油卡车，需要OEM重新规划供应链，并发展实现规模化生产所需的新工程能力。通过建立生产合作关系并获得早期采购承诺，OEM将能降低这些变化所带来的投资风险。金融机构能对促进投资起到重要作用，而考虑到转向替代技术对工作数量和类型的可能影响，则需要政府密切地介入。

46 所需的MDT/HDT产能估计- 说明



资料来源: IHS Markit (2020) 受疫情影响, 2020年全球商用车产量下降22% (65万辆) 至260万辆; Statista (2018) 全球2017年注册的重型卡车数量 (按主要生产厂); IEA (2017) 卡车的未来; 德勤分析。
说明: [1] 估计的平均工厂产能是基于多家OEM的工厂信息。世界最大的卡车装配厂是梅赛德斯-奔驰的Worth工厂, 年产能达到10万辆。

20. 能源生产和配送实现规模化

要将数百万辆卡车转变为替代技术，必须前所未有地增加可再生能源发电以驱动BEV和制取绿氢。近年来，许多国家提高了能源结构中的可再生能源占比，使得风力发电等技术具备了经济可行性。但还需要更多的投资。受访者指出，尤其需要扩大氢能生产以推动成本降低。一位车队老板表示：“当氢能成本比现在大幅降低时，燃料电池才会开始具备经济可行性。”

绿电和绿氢一旦生产出来，就需要通过充电终端和加氢站网络进行供应。有些受访者指出，对于BEV而言，私人充电终端可能占主导。许多充电终端需要被安装在仓库和配送中心，方便卡车夜间充电和装卸货期间充电。由于可容纳停放数小时的卡车的空间较少，公共设施的使用有限。

能源公司和政府必须对输电网进行大举投资，以应对更大的电力需求。来自一家物流公司的受访者指出：“我们可以为充电终端买单，但电网只能支撑三个充电终端，我们不可能自己去改造电网。”通过数字技术和新市场参与者可使整个网络的电力需求更平稳。

以Greenlots为例，该公司能帮助货主根据使用卡车的时间和变化的电价来优化充电时间和充电费用。

考虑到给卡车加氢需要的时间与加柴油相当，FCEV更可能依赖公共基础设施，尤其是改造而来的加氢站。未来的投资重点应是铺设和改造输气管道，以实现氢燃料从生产地到需求地的配送。

21. 提升维修能力

要让大量的替代技术卡车上路，该行业需要具备大量新的维修能力。几位受访者指出，很难找到能为他们现代化的柴油车队保驾护航的人才。一位卡车经销商表示：“维修需求在过去五年发生了彻底的改变。现代卡车的互联程度更高，我们的维修团队现在更多的是技术人员，而不是修理工。”

随着FCEV和BEV进入市场，以及自动化和互联技术进一步地融入现代卡车，这一趋势还将持续下去。这将使车队老板很难在转型早期自行开展维修。为消除这一阻碍，OEM必须同时生产卡车的同时大力发展维修能力，譬如，可以向其他利益相关者推广和开放职业

教育活动⁹³。专业的第三方机构也可能有机会进入服务不足地区的维修市场。

然而，新技术也能为减少对计划外维修的需要提供机会。OEM应在卡车中增加传感器和分析技术以预测和预防故障。试点项目可为测试这些解决方案和建立所需的数据集提供良好契机。

22. 适应未来的物流

脱碳只是未来十年给公路货运行业带来变革的几种趋势之一。受访者指出，自动驾驶、互联和分析也将对供应链的组织方式及卡车的使用方式产生深远影响。在制定脱碳、技术和经营战略时，货主和车队老板应综合地考虑到这些趋势。

自动驾驶技术的发展对脱碳路径的选择尤其相关。一方面，自动驾驶卡车可能降低BEV的经济可行性，正如一位行业组织代表所指出的：“有了自动驾驶卡车，就无需司机休息时间，我们可以24/7地工作，这意味着我们将不再有停工时间来给电池充电。”从这个角度上看，氢燃料可能是自动驾驶卡车更自然的低排放选择。另一方面，无需人工介入的

BEV充电无疑比加氢更方便，这可能使天平向相反的方向倾斜。

随着新的零排放和自动化技术的应用，配送中心和仓库也需要重新配置。这不仅是实现转型所需要的，也是充分发挥新技术的价值所需要的，正如某物流公司高管所总结的：“我们正在努力研究如何将新兴技术应用到如今的供应链中。如果能为了新兴技术重新设计供应链，我们的境况会好得多。”

这些趋势的净影响尚不明确。但受访者指出，它们共同创造了一个独一无二的机会，通过变革行业运作模式提高质量和效率。

路线图：加速脱碳



动机和直接着手点

受访者认识到，公路货运去碳化的挑战之艰巨，不是任何一家组织或群体可能单独战胜的。一开始可能是少数几家志同道合的企业打头阵，合力创造转型动力。这些先行者可能因为更早地接触到差异化的见解而受益，有能力共同承担风险和投资成本，并创造出对它们有利的结果。它们在转型初期与客户及其他生态系统参与者进行的接触，将为它们未来的关系带来益处。随着这些早期行动计划的发展，更多公司将加入进来，在整个行业创造必要的规模和影响。唯有通过所有利益相关者之间的紧密协作，该行业才能充分把握不断变化的范式并快速取得进展。

从我们的研究、采访和研讨会中得出的解决方案，进一步明确了该生态系统需要在何处以何种方式协作才能取得进步，以及每个利益相关者必须发挥的作用（请参阅附件47）。

在可行的行驶周期向新卡车转型的过程中，**司机**将在改进采用经验证的高效技术方面发挥关键作用。监管机构在整个转型过程中也必须咨询他们的意见，以确保替代技术的实用性、安全性和可靠性。

通过刺激消费者对运输的需求和为物流供应商提供激励，**货主**将有助于使脱碳在经济上可行。有自营车队的公司尤其能够刺激对替

代技术卡车的需求，并降低它们的成本。由于兼任货主和承运商两个角色，这些公司比物流公司更能掌控卡车的使用。这能让它们能以直接节省成本和提升商誉的形式收获更高效车队带来的益处。

对于**承运商**，脱碳能为变革这个历史上保守且利润率低的行业提供独一无二的机会。承运商可在帮助行业减排的同时，通过多种方式提高自身的运营效率，包括使用LNG、生物LNG、CNG或生物柴油等过渡燃料，与客户合作进行替代技术试点，对可行的行驶周期进行电气化转型，整合数字、互联和分析技术等。

监管机构可以通过设定明确的目标，从全系统的角度出发，使所有参与者都能在脱碳中发挥作用，从而加快该行业的脱碳努力。主要行动措施包括：制定卡车能效指标及燃料供应要求，打造具备支持性研发环境的基础设施。通过果断采取行动并利用一切可用手段，监管机构可以帮助创建更清洁的城市，同时保护和变革这一关键行业的就业机会。

OEM的脱碳承诺具有无可比拟的重要性。巨额投资、定向试点和创新的业务模式，对于可靠的新型卡车的研发、成本降低和大规模生产至关重要。走在前列的OEM将能避免监管风险，取得强有力的竞争优势，并通过占据更大的市场份额发展出新的收入来源。

通过大规模地可再生电力和氢能生产及配送，并建设加氢站和充电终端，**能源公司**可帮助低排放卡车实现大规模的应用。它们还可利用自身的跨行业视角，促进行业之间的合作，并在整个价值链中发挥促进作用。率先行动的公司将能影响变革方向，并利用为公路货运建设的基础设施，作为其它难减排行业实现脱碳的敲门砖。

附件47

4. 调研的重要发现

通过围绕**22种解决方案展开合作**，行业将能立即开始**减排**，并**加速**向低排放和零排放卡车过渡。

金融机构将发挥独特的作用，通过为适应零散价值链需求和反映替代技术经济特征的产品提供资金，使2亿多辆卡车的更换成为可能。

附件48展现了不同解决方案所需的重要领导和支持角色，可让生态系统中的利益相关者更加明确各自的角色。

48 利益相关者在公路货运去碳化中的角色



Sam
卡车司机

我自愿去试驾我们公司最近购买的新氢燃料卡车。这些卡车动力更强，操作更简单，且感觉更可靠。我也一直在使用所有新的智能数字功能，帮助我更高效地驾驶。



Petra
货主公司供应链
管理副总裁

我们在董事会上的可持续发展目标正在融入日常运营中。我们将在招标中加大对排放标准的重视，并向一些值得信赖的、投资绿色卡车的供应商授予多年期合约。通过采取碳标签和其它绿色营销，我们也努力促使客户向低排放的选项倾斜。



Sahana
物流公司老板

我们正与客户合作在市区推广BEV。对于其它路线，我们正在使用生物燃料，同时为使用氢燃料做准备。我们还通过分析技术减少了许多空载里程。我们正与OEM和能源公司合作，在一些高货运量通道中测试FCEV。一旦这些卡车做好了准备，我们就计划开始部署。



Lin
道路管理部门
负责人

我们与公路货运行业密切合作，确保监管措施符合实际且可预测。随着技术的快速发展，我们针对城市还将提出进一步的目标。同时我们也在采取激励措施，以使替代技术对于承运商更有吸引力。



Alyssa
OEM商用车
执行副总裁

我们在持续提高柴油卡车效率的同时，也在加速替代技术的开发和生产。联合试点及与能源公司和承运商之间的其它合作模式，将帮助我们在未来几年向市场推出可靠而经济的FCEV和BEV。然后，我们将通过能降低转卖和维修风险的服务来刺激需求。



Samuel
能源公司加油站
总经理

我们的燃料组合在不断丰富。我们首先要能更广泛地供应ING和生物柴油。与此同时，我们还从靠近重要交通走廊的地区开始试点，以投资生产可再生能源和氢燃料。我们正与公路货运行业合作，通过制定统一的充电和加氢标准，帮助转型事业的顺利推进。



Jacques
银行的交通运输行
业融资负责人

未来几年，我们所有的贷款投资组合都将设定可持续发展目标。我们正在开发新产品，以减轻前期投资的负担，并帮助应对转卖价值的风险。这对小型车队老板尤为有利。我们也在加大对氢能和可再生能源基础设施项目的投资。



Zoe
消费者

我尽我所能地减少自己的碳足迹。我其实不需要每一个包裹都在第二天送到，我会购买更多我知道是“绿色”的产品。如果这能让我的社区拥有更清洁的空气和更少的噪音，那么这绝对是值得的。

4.9 利益相关者在公路货运去碳化中的角色

	解决方案	卡车司机	货主	物流公司	公路货运主管部门	OEM	能源公司	银行	消费者
马上行动起来	1. 转变可行的行驶周期	领导者	领导者	领导者		支持者	支持者		
	2. 定向部署过滤技术	支持者		领导者			领导者		
	3. 运行和设计效率	领导者	支持者	领导者		领导者	支持者		
形成滚雪球效应	4. 在产业集群和交通走廊中试点	支持者	领导者	领导者		支持者	领导者	支持者	
	5. 技术合作			支持者		领导者	支持者	支持者	
	6. 联合卡车采购承诺		支持者	领导者		支持者		支持者	领导者
	7. 新的OEM盈利模式和转卖价格确定性			支持者		领导者		支持者	领导者
	8. 绿色运输服务采购		领导者	支持者					
创造成功的条件	9. 绿色融资		支持者	支持者	支持者	支持者		领导者	领导者
	10. 消费者的意识和选择		领导者	支持者		支持者			
	11. 监管发展路径				领导者		支持者	支持者	
	12. 城市间合作			支持者	领导者		支持者		
	13. 加大对OEM的政策支持				领导者	支持者			
	14. 加大对能源企业的政策支持				领导者		支持者		
	15. 加大对车队老板和货主的政策支持		支持者	支持者	领导者				
	16. 信息分享	支持者	支持者	领导者	支持者	支持者	支持者	领导者	
	17. 充电、加氢和燃料标准	支持者		支持者	领导者	支持者	领导者		
	18. 跨行业研发					领导者	领导者		
实现规模化发展	19. 卡车生产实现规模化					领导者		支持者	
	20. 能源生产和配送实现规模化						领导者	支持者	
	21. 提升维修能力					领导者			
	22. 适应未来的物流	支持者	支持者	领导者	支持者	领导者	支持者		

领导者

支持者

技术时间表

受访者认识到每个地方向新技术转型的速度不同。实施本报告所述的解决方案可以加快进度，但产能和基础设施的建设需要时间，而且可再生电力的成本和卡车寿命等因素也将决定替代技术的应用速度。虽然对于转型速度的看法不一，但从采访和研讨会中得出了一个可能的技术时间表（请参阅附件50）。

BEV预计在未来三年内开始进驻MDT和HDT车队。最早开始采用BEV的可能是续航要求较低、充电更方便的特定行驶周期应用，如市区的循环取货和港口的短驳运输。首先开始转型的将是设有超低排放区的城市，以及已经建立早期基础设施的集群和交通走廊，如德国和瑞典的架空充电网络。随着电池技术的成熟，该技术将被进一步用于较长距离的运输，并可能在本世纪30年代中期占到新出售卡车的30-40%。关于BEV的应用，已出现引人瞩目的案例，包括DHL在洛杉矶地区扩大8级BEV的试点⁶⁴，沃尔沃宣布在北美推出其VNR电动车型，并于2021年开始投产⁶⁵。

FCEV预计在2025年首次实现可行的商业应用。转型可能开始于靠近大型可再生能源发电基地的集群和交通走廊中，如北海的海上风电场附近，或将氢能作为国家能源战略核

心的中国和日本等国家。在这些集群和交通走廊中，率先开始转型的行驶周期可能包括“多天行程”和“24/7运输”。它们因为续航里程限制和充电时间不允许而不适合使用BEV。随着绿氢产量的增加和成本的下降，FCEV的应用将在整个2030年代逐渐增加。大多数受访者预计，到2040年代初，FCEV可能占到全球出售的MDT和HDT总量的一半以上，且在欧洲和中国等市场的占比可能更高。

尤其是在较小、较偏远的市场，因为建设BEV和FCEV基础设施的成本太高，内燃机（ICE）到2040年以后仍将占据一席之地。生物燃料将最容易被部署到特定的小型应用中，且在生物质供应量充足的市场（如印度）可行性最高。然而，考虑到生物燃料产量的限制，预计需要更长时间才能过渡到

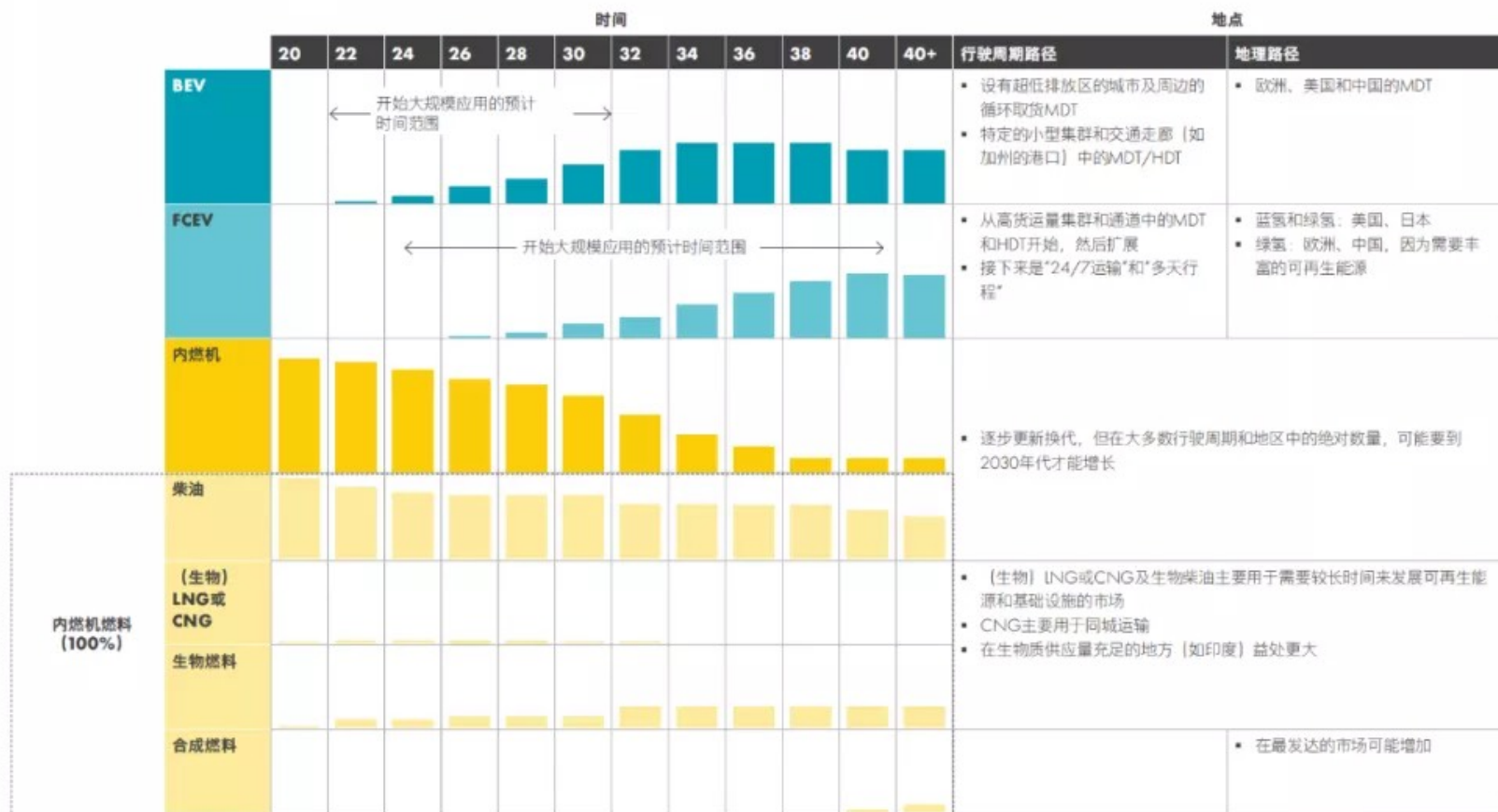


零排放技术的国家也需要CNG和LNG。在一些发达市场，天然气在整个2020年代及2030年代初期也将充当过渡燃料。合成燃料如果能在其它行业大规模地生产可能将起到补缺的作用，但在公路货运行业实现经济可行应用的路径尚不明确。

“我们可以说，到2030年，我们能拥有所有我们想要的氢燃料卡车。但除非我们做出改变，不然我们不可能实现这个设想。”

物流公司

50 替代技术对HDT和MDT的适用性（占新出售卡车的比例）- 说明



让我们行动起来吧

公路货运行业已开始就技术路线和解决方案达成共识，这将使2020-2030年成为充满变革的10年。【请参阅附件51】。许多受访者认为这个目标可以实现，但需要整个行业果断地行动起来，在未来两年开始着手实施前面提及的解决方案。初期的目标是，最大限度地利用现有技术快速减排，同时大幅扩展替代技术的试点范围。与此同时，货主必须开始将董事会上的去碳化承诺转化为消费者

诉求，而各级监管机构必须给出有针对性的激励措施，并制定出未来十年的政策发展路径。

在2025年之前，行业必须加大研发投入，并开始在商业应用中部署FCEV和BEV。来自货主、金融机构和车辆生产厂商的激励，对于刺激初期需求至关重要。本阶段还必须实现电池充电和氢燃料电池基础设施的标准化，以支持更大范围的推广和互通性。

到2020年代末，随着基础设施提供商和车辆生产厂商都已实现规模化生产，低排放和零排放卡车将更接近柴油卡车的成本，并开始大规模地进驻车队。

本报告总共确定了11个须在短期内重点实施的去碳化解决方案；但所有22个解决方案都必须在这十年内取得进展（请参阅附件52）。

附件51

5. 调研的重要发现

行业已制定去碳化路线图，到2020年代末就能开始大规模地部署低排放和零排放卡车。



6.2 解决方案实施路线图



说明：解决方案的实施时间与大多数活动的预计实施时间有关；但大多数解决方案同时需要短期、中期和/或长期的努力。

不同地区的变革速度不同，使得这一挑战的全球性特点更明显。欧洲和美国的碳排放总和占全球排放总量的30%，但这一比例将随着其他市场的成长而进一步下降。虽然欧洲历来都被视为可持续发展方面的佼佼者，但就公路货运去碳化议程而言，中国在许多方面已经领先于欧洲，正如一位行业组织的高管所指出的：“中国投入了巨额资金发展巴士的替代技术，在重型卡车的氢燃料经济性上也走在前列。”为能在全球范围内实现大幅减排，其他大国（如印度、非洲和南美的诸多国家）必须加快他们的行动步伐。

附件53

6. 调研的重要发现

实现大幅减排，需要**全球共同努力**，需要走在前面的**地区和企业分享经验**，帮助其他国家实现跨越式发展。

虽然本研究中确定的解决方案在全球都适用，但正如本报告下一章所描述的，每个市场所面临的具体情况不同，必须通过转型来解决的挑战也不同。应该最先实施哪些解决方案，取决于燃料供应是否充足，技术是否成熟，以及基础设施是否便利。例如，在有些国家，过渡燃料和柴油机的现代化改造可能在更长时间内占据重要地位。而在其他国家，发展氢能已是国家能源战略的一部分，因此将能更早地获得支持。

无论哪种情况，跨境合作和多国协同行动，都将是加快相互学习的关键。如此，解决方案在一个地区成熟之后，即可直接应用到其他地区，帮助他们在去碳化路途上取得跨越式进步（请参阅附件53）。

前进的路线已经清晰，现在只需要**“行动起来”**。



地区差异



印度

相对其它地区，印度消费者、货主和物流公司脱碳的重视度较低。“卫生因素”（如道路安全、拥堵、工作条件和基础设施质量

等）仍是该行业关注的重点。政府重视降低油耗以减少对石油进口的依赖，并努力改善城市的空气质量，但缺乏基础设施。基于近

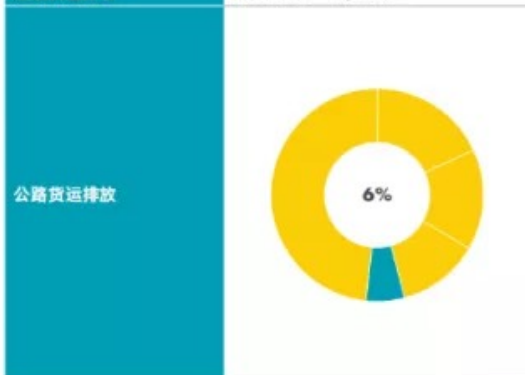
期对LNG和乘用车基础设施的投资，LNG和CNG预计在中期内会增长。因为市场尚未成

熟且需要解决卫生因素，印度需要较长的时间才能部署零排放解决方案。

国家信息

占全球比重 (%)

人口	13.66亿	18%
GDP	\$ 2.9 T	3%
公路货运体量	2,436 TKM (年增长10.1%)	11%
道路质量排名	55 (得分: 4.3/7.0)	



受访者

24 公路货运利益相关者，包括：

9名CEO和高管

7名物流领导和专家

20 受访的组织，包括：

1家地区最大的OEM

1家排名前三的物流公司

脱碳的重要性



■ 前三大优先事项

■ 其它

“道路质量和安全是该行业优先考虑的问题。例如，对驾驶时间没有限制。”
- 车队老板

“目前市场上很少有利益相关者提到脱碳，因为其它更重要的问题需要解决”
- 车队老板

资料来源：世界银行（2020）；OECD；世界经济论坛：道路质量（2018）；IEA（2017）卡车的未来；IEA（2020）重型车辆运输在2000-2030可持续发展场景下的二氧化碳排放；OECD；德勤分析

5.4 印度的阻碍因素

问题	影响因素	阻碍因素的重要性				受访者对印度阻碍因素的看法	援引
		重大阻碍		微小阻碍			
公路货运行业为何应当改变？	1. 市场和客户需求	○	●			消费者和货主主要关注成本效率。会在有明显的成本节约机会时实施节油措施。作出承诺的跨国公司和出口企业比本土企业更有可能进行脱碳投资	“没有货主期望我们保护环境。他们不闻不问，所以我们就在价格上竞争。” - 车队老板 “我们减少环境足迹是为了欧洲的投资商。他们对可持续发展的重视度高” - 货主
	2. 监管激励	○	●			政府希望通过改进车辆效率规章（如提高净载重量和重量限值、报废、BS VI排放标准）来减少对石油的依赖和空气污染。但执行是个挑战	“印度政府重视LNG和电气化是因为城市空气污染和对原油进口的依赖” - 卡车OEM “污染推动城市管理，而城市管理决定该国的国家层面管理” - 货主 “许多车主对现有的规章毫无意识。” - 车队老板
公路货运行业能否改变？	3. 技术一致	○	●			过渡燃料和生物柴油如今被视为高成本效率的减排解决方案。监管机构支持CNG，并计划到2030年将加气站数目从如今的1,400个增加到1万个。然而，因为基础设施和负担更高成本的能力都有限，向零排放卡车的转型还相对遥远。	“在德里，有一半的汽车使用CNG，另外一半使用柴油。” - 货主 “BEV卡车的应用相当遥远，OEM推出的所有新车型都是载重量有限的小型厢式货车。” - 货主
	4. 角色和决策明确	○	●			许多小队老板投资新卡车的途径有限，并且由于替代技术的TCO更高，他们面临的来自消费者和监管机构的转型压力也有限	“小队老板在这个行业里只能尽力维持经营和赚取微薄利润。” - 车队老板 “印度永远不会为了我们的身体健康而实施环境标准，它只会考虑经济利益。” - 车队老板
公路货运行业能以多快的速度改变？	5. 资产更新换代的容易度	○	●			OEM主要侧重于电动汽车和CNG车，在近期大规模生产零排放卡车的计划很有限。许多车主会延长卡车的使用寿命，或到二手市场购买卡车。	“政府目前的工作重点是对两轮车和三轮车实行电气化改造，然后是轿车和巴士，最后才是MDI和HDT。” - 卡车OEM “80%以上的车队老板会到二手市场购买卡车。” - 车队老板
	6. 基础设施更新换代的容易度	○	●			对道路质量和拥堵进行投资有助于推动改进，但这两方面都有问题。加油基础设施仍然有限，零排放技术的规模化发展需要对电网进行重大改造。政府侧重于用铁路网络来减轻公路的负担。	“尽管有所改进，但最大的瓶颈是基础设施，包括加油基础设施和道路本身的情况。” - 货主 “铁路基础设施的改善将使货运市场向铁路倾斜。” - 行业组织

○ 印度公路货运平均

● 全球公路货运平均

资料来源：IEA [2020] 印度能源政策综述；Energyworld.com [2020] 印度十年后将拥有1万个CNG加气站，踏上发展更清洁燃料的道路

5.5 印度的路线图



中国

因为更注重更受关注的可持续发展措施（如可回收包装），中国消费者和货主对脱碳运输的需求仍然有限。然而，随着对城市清洁

空气政策的持续关注以及政府近期的国家减排承诺，脱碳进程有望加快。强有力的执行

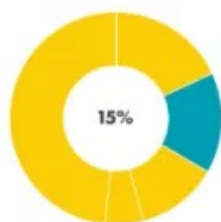
机制将能支持转型。电池充电和加氢基础设施都需要巨额投资。

国家信息

占全球比重 (%)

人口	13.98亿	18%
GDP	\$ 14.3 T	16%
公路货运体量	6,677 TKM (年增长2%)	31%
道路质量排名	42 (得分: 4.6/7.0)	

公路货运排放



占全球比重 (%)

15 公路货运利益相关者，包括：



2名CEO和高管



6名战略家和创新专家

14

受访的组织，包括：



3家排名前五的物流公司



1家地区最大的OEM

脱碳的重要性



■ 前三大优先事项

■ 其它

“我们向国际领先的同行学习，努力在国内同行业中起到表率作用。”
- 快递公司

“民营物流企业比国有企业对成本更敏感，国企对脱碳的重视度更高。”
- 快递公司

资料来源：世界银行（2020）；OECD；世界经济论坛：道路质量（2018）；IEA（2017）卡车的未来；IEA（2020）重型车辆运输在2000-2030可持续发展场景下的二氧化碳排放；OECD；德勤分析

56 中国的阻碍因素

问题	影响因素	阻碍因素的重要性		受访者对中国阻碍因素的看法	援引
		重大阻碍	微小阻碍		
公路货运行业为何应当改变？	1. 市场和客户需求	○	●	消费者和货主仍然较少关注运输方式，而更关注可持续包装。跨国公司出口企业已在开始要求排放报告，但仍处于早期阶段。	“终端消费者更关心能被他们看到的绿色包装，而不太关注道路脱碳。” - 快递公司 “欧洲和美国的大品牌已在开始要求提供碳排放数据，但我们还未开始报告。” - 快递公司
	2. 监管激励	○	●	重视城市清洁空气政策，强有力的规章执行。当前的五年行动计划将在12年后截止，新的远大目标尚未转化为明确的政策或路线图。	“排放监管通过政府的‘保卫蓝天’政策和针对一线城市的额外能源政策得到加强。” - 卡车OEM “发展中国家在趋势和排放标准方面都向发达国家看齐，以避免重复工作。” - 行业组织
公路货运行业能否改变？	3. 技术一致	○	●	政府支持对替代技术进行试点，但技术成熟度和成本是主要阻碍。大多数城市公交车已经转型，LNG/CNG卡车的数量正在逐步增加。	“当政府停止对替代燃料提供补贴后，只有最先进的公司和技术才能生存下来。” - 基础设施提供商 “LNG和CNG是许多公司仅次于柴油的第二大常用燃料类型。” - 行业组织
	4. 角色和决策明确	○	●	虽然车主群体极其分散，但随着氢能被纳入国家能源战略，政府将为加速转型提供聚焦力。	“由于物流公司之间竞争激烈，可持续的业务发展必须具备成本效率。” - 车队老板 “转型成节能车队之后，我们的市场份额上涨了，尤其是在拥有严格排放要求的城市。” - 车队老板
公路货运行业能以多快的速度改变？	5. 资产更新换代的容易度	○	●	本土OEM虽然表明了脱碳的重要性，但在监管预期明朗之前，它们不愿做出承诺或公布路线图。	“政府政策和规算是影响OEM产品路线图的主要因素之一。” - 卡车OEM
	6. 基础设施更新换代的容易度	○	●	中国是世界最大的风能、太阳能和氢能生产国，已拥有120多万个电动汽车充电终端。然而，目前还没有让充电网络覆盖卡车的计划，电网需要升级，且加氢基础设施有限。	“中国的充电基础设施比其它国家领先2-3年，但限制因素是电网。” - 基础设施提供商 “政府应进行基础设施投资，它比车队的更新换代需要更多资本。” - 快递公司

○ 中国公路货运平均

● 全球公路货运平均

57 中国的路线图



调整	重点
A 早期需要绿色融资，以帮助许多小型、对成本敏感、能获取的资本有限的车队老板克服成本阻碍。	B 该行业相信，通过用网络运输来代替点对点运输，将货物从公路运输过渡到其他运输方式（如公路到铁路和水路）以及增加数字化应用，可优化路线从而极大的提升运营效率
	C 通过标识符、绿色卡车、产品品牌和营销来提高道路运输的透明度和可见度，从而增强绿色运输意识，使消费者不仅仅关注在绿色包装。
	D 需要清晰且详细的监管路线图来阐明政府的雄心壮志，以及短期行动和措施。
	E 为实现零排放卡车，需要大量投资于建设全面的、标准化的电力和加氢站基础设施网络，尤其是在高速公路沿线和低排放区内。

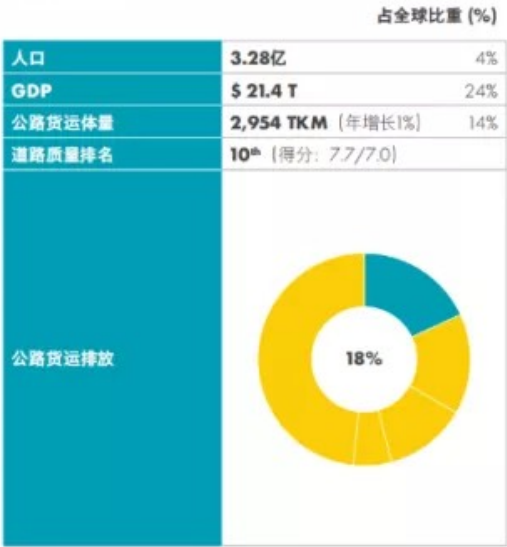
美国

大公司（如《财富》500强企业）越来越多地在做出公路货运，尤其是自有车队的去碳化承诺。由于价格和送货速度仍优先于绿色标准，通常为大公司服务的小型车队老板

对于转型有更多怀疑和不情愿。法规通常处于州或城市层面，以加州出台的新减排措施为首。监管、基础设施和试点之间的协调一致，能降低车队老板面临的不确定性。由于

该国需要的运输距离很大，氢能可能发挥重要作用。

国家信息



受访者

- 22 公路货运利益相关者，包括：
- 9名CEO和高管
 - 5名物流领导和专家
- 21 受访的组织，包括：
- 1家地区最大的OEM
 - 1家排名前三的物流公司

脱碳的重要性



“我们愿意为绿色运输买单，因为我们自认是可持续发展的领导者，并且我们相信这对竞争对手也能起到鞭策作用。” - 货主

“说的和做的存在不一致。” - 行业组织

资料来源：世界银行（2020）；OECD；世界经济论坛：道路质量（2018）；IEA（2017）卡车的未来；IEA（2020）重型车辆运输在2000-2030可持续发展场景下的二氧化碳排放；OECD；德勤分析

58 美国的阻碍因素

问题	影响因素	阻碍因素的重要性		受访者对美国阻碍因素的看法	援引
		重大阻碍	微小阻碍		
公路货运行业为何应当改变？	1. 市场和客户需求			在电商、大面积零售和快速消费品领域，面向消费者的大公司越来越多地投身于脱碳目标。率先行动的是拥有自营车队的公司。但消费者需求仍然有限。	“脱碳压力来自各个方面：客户、企业DNA、碳税和未来的劳动力。” - 货主 “企业社会责任目标促使货主决定为低排放的物流公司投资。” - 行业组织
	2. 监管激励			燃油效率规定促使企业寻求替代技术，但规章制度碎片化。就州而言，加州走在去碳化的前列，但其它州，如马萨诸塞州、纽约州也紧随其后。新一届政府预计会对脱碳双管齐下。	“加州采取了迄今最激进的监管措施。这向市场释放出强烈的信号” - 行业组织 “以州为基础的法规使业务运营极大地复杂化。我们更希望能有联邦法规来为所有人扫清障碍” - 货主
公路货运行业能否改变？	3. 技术一致			大型货主正开始凭借自己的私人充电终端，在短距离的行驶周期中加大部署BEV。长途承运商在等待FCEV成熟的同时，也在试用CNG。考虑到运输里程很长，氢能有可能发挥重要作用。	“由于BEV的净载重量有限，且受当今的电网制约，长途重型卡车更可能采用氢燃料。” - 卡车OEM “燃油效率可通过列队行驶、运力共享和减少拖拽阻力得到大幅提升。” - 车队老板
	4. 角色和决策明确			美国的公路货运主要关注于使每英里成本最低，这限制了人们投资更昂贵技术的欲望。存在一种“财大气粗”的观念，可能促使做出非理性的卡车购买决定（如，购买超驱动力或超大规格的卡车）	“因为该行业需要在成本上竞争，所以如果不能很快获得投资回报，物流公司则不愿意投资。” - 行业组织 “因为未来是不确定的，而卡车至少要用6年，所以我们不知道该买哪种卡车，以及该何时购买。” - 车队老板
公路货运行业能以多快的速度改变？	5. 资产更新换代的容易度			国际OEM（如日本的OEM）已宣布推出零排放卡车。美国新的BEV和FCEV OEM正在施加压力，但很难在上市日期和性能上有所承诺。卡车运营商努力为替代卡车融资。	“即使我们想买，OEM也没有卡车能卖给我们。” - 货主和私人车队老板
	6. 基础设施更新换代的容易度			大型货主在仓库安装私用充电设施，给电网造成了巨大压力。大多数州尚不清楚该由谁来提供公共充电/加氢基础设施，且对可再生能源生产的激励很有限。	“由于缺乏充电机会，我们会在自己的店里安装充电终端，这会把店铺变成配有充电站的分销中心。” - 货主

○ 美国公路货运平均

● 全球公路货运平均

说明：(1) ICCT (2020) 加州的《先进清洁卡车法规》：零排放重型卡车的销售要求

59 美国的路线图



重点	
A	美国的国土面积和人口分布决定了不同行驶周期的转型进度会有不同。但有些行驶周期可以凭借建在仓库的私有充电网络更早地开始转型。此外，调整供应链以适应现有的技术成熟水平，可能帮助车队老板加速转型。
B	在城市地区，城市和州的脱碳要求可为创造成功条件提供机会。部分州（如加州）凭借领先者的地位，有可能扩展和协调地区之间的城市合作，使得行业参与者可以通过合作和结盟来创造规模效应。
C	政府需要对企业实行转型激励，并采取协调和战略性的方式去发展基础设施。
D	自动驾驶技术有可能在转型中发挥作用，且必须与零排放技术同时存在。关键要了解新兴技术相互之间的正面影响（灵活性提高，停工时间减少）和负面影响（复杂度增加，加油时的安全性），以构建一个适应未来的物流网络。

欧洲

相对于其它地区，欧洲消费者对可持续供应链和城市排放法规的需求正在提高。许多车队老板正在做出减少车队排放的承诺，一些

过渡燃料正在得到应用；但是，由于成本尚未降到同等水平，且配套基础设施有限，零排放HDT和MDT仍处于试点阶段。如果在试

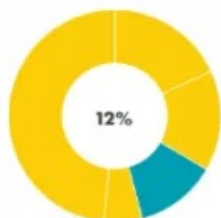
点、绿色卡车融资和运输采购标准、以及零排放卡车的规模化生产之间能够协调一致，该地区的脱碳进度也许能够加快。

地区信息

占全球比重 (%)

人口	4.48亿	6%
GDP	\$ 15.6 T	18%
公路货运体量	2,278 TKM (年增长3%)	11%
道路质量排名	排名最高的国家: 2 大多数国家的排名都在前五十五以内	

公路货运排放



受访者

71 公路货运利益相关者，包括：



24名物流领导和专家



22名可持续发展领导和专家

52 受访的组织，包括：



2家地区最大的OEM



3家消费品跨国公司

脱碳的重要性



■ 前三大优先事项

■ 其它

“可持续发展近年来已被真正摆上最高日程，它是我们的第一优先事项。”
- 货主

“我们对脱碳普遍感兴趣，但同时又没什么了解。”
- 车队老板

资料来源：世界银行（2020）；OECD；世界经济论坛：道路质量（2018）；IEA（2017）卡车的未来；IEA（2020）重型车辆运输在2000-2030可持续发展场景下的二氧化碳排放；OECD；德勤分析

60 欧洲的阻碍因素

问题	影响因素	阻碍因素的重要性		受访者对欧洲阻碍因素的看法	援引
		重大阻碍	微小阻碍		
公路货运行业为何应当改变？	1. 市场和客户需求			货主通过纳入绿色运输标准来应对消费者日益增长的可持续产品需求。愿意为绿色运输支付更多费用的货主越来越多，但数量仍然有限。	“我们开始在选择运输供应商时实施明确的可持续发展标准。” - 货主 “所有大公司都认识到必须在可持续发展方面有所作为，但都停留在会议室里，落实不到采购层面上。” - 车队老板
	2. 监管激励			欧盟最近制定了雄心勃勃的公路货运减排目标，许多城市都在实行零排放或低排放区。然而，城市法规仍存在方法和时间表各不相同的分裂化问题，缺乏标准化的实施方法。	“有很远大的目标，但缺乏清晰的路线图，使得行动方难以付诸行动。” - 车队老板 “如果法规是为解决某一个具体问题或针对某一个城市而制定的，就会带来许多分裂化问题，增加了复杂度。” - 货主
公路货运行业能否改变？	3. 技术一致			因为对BEV和FCEV的大规模生产和技术成熟时间不确定，承运商只能延迟投资。过渡燃料不能作为长远的解决方案，存在固步自封的风险，并且可能供应有限。	“过渡燃料有可能造成固步自封。” - 行业组织 “OEM想要尽可能长地从现有技术中获取利益。” - 车队老板
	4. 角色和决策明确			承运商正在城市及周边地区试用首批绿色卡车以检验可行性。由于在所有细分领域的TCO尚不具备竞争力，所以，拥有绿色融资选择及货主愿意买单，是促使承运商转型的关键。	“我们可以根据需求调整行驶周期，以适应OEM如今能向我们提供的任何卡车。” - 车队老板 “小公司缺乏投资未经验证的技术的能力和融资途径。” - 行业组织
公路货运行业能以多快的速度改变？	5. 资产更新换代的容易度			OEM已宣布推出零排放卡车，但尚未开始大规模生产。由于欧洲OEM过去一直在投资柴油卡车，所以它们必须在继续挖掘这些投资价值的同时，发展使用替代燃料所需的技术。	“我们致电OEM订购零排放卡车时，他们却没有车可以卖。” - 车队老板 “没有人知道替代技术卡车能有多少残值，这使得金融机构不敢去冒险。” - 卡车OEM
	6. 基础设施更新换代的容易度			欧洲的能源基础设施通常被认为处于世界一流水平。但零排放卡车需要对充电终端和电网容量进行重大投资。大多数国家的氢能生产仍处于初期阶段。	“我们需要与能源供应企业合作，以在常用的路线上建设必需的基础设施。” - 货主 “如果我们把车队转变成BEV，并开始在主要仓储区充电，那么城市就会立刻停电。” - 车队老板

○ 欧洲公路货运平均

● 全球公路货运平均

61 欧洲的路线图



重点	
A	整个欧洲的人口密度和成熟的公路货运网络限制了长途卡车在仓库之间的最大行驶距离，这使得某些行驶周期可以更早地开始转型。
B	大多数行业参与者都强调围绕现有和未来的试点开展协作的必要性。这种协作是在重要集群和交通走廊中，共享知识并形成规模效应的关键。
C	车主需要新的绿色融资选择和运输采购标准，以弥补替代卡车初期的TCO劣势，并解决技术快速发展所带来的相关技术风险。
D	需要出台能帮助OEM扩大生产规模的政策举措，以消除工会的顾虑和创造就业，同时为加速零排放卡车的生产带来更强的激励。