

重型车零排放化推进管理方案： 全球概览及对中国的启示

作者：解奕豪和Felipe Rodríguez

简介

重型车辆主要采用柴油发动机，是温室气体(GHG)排放和空气污染的主要来源。在中国，虽然货运卡车仅占道路车辆总量的10.9%，但其产生的氮氧化物(NO_x)和颗粒物(PM)排放量分别占汽车排放总量的83.5%和90.1%。¹在中国，中重型车辆的温室气体排放量占各类道路交通总排放量的46.9%。²

乘用车和客车的电动化进程发展迅速，而重型卡车的电动化推进缓慢。尽管如此，制造商和商用车队仍承诺在生产和运营中将积极推广电动卡车和货车。虽然零排放重型车(ZE-HDV)的发展势头强劲，但由于可选车型不多、购车价格高于传统燃油车、市场需求不足以及充电和加氢基础设施不完善等因素，导致零排放重型车的推广困难重重。

中国等国家和地区即将迎来重要的政策窗口期，这为重型车市场大规模推广零排放技术创造了一个契机。在本文中，我们分析了世界各国在促进与鼓励零排放重型车应用方面采取的政策工具，并介绍了七大政策杠杆，以便为中国监管部门搭建零排放重型车政策架构提供参考。

在本文中，零排放重型车是指最大额定重量大于3.5吨的车辆，并且其配备的动力传动技术不会产生温室气体和大气污染物的尾气排放。零排放重型车包括纯电动重型车和氢燃料电池重型车。本文将介绍重型载货汽车和半挂牵引车，客车不在本分析范围内。

www.theicct.org

communications@theicct.org

[twitter @theicct](https://twitter.com/theicct)

致谢：本文作者感谢所有内外审稿人提供的指导和建议性意见，特别感谢国际清洁交通委员会的Claire Buysse、何卉、Ray Minjares、Francisco Posada、Pierre-Louis Ragon和Sandra Wappelhorst，同时感谢Arash Saboori为本文初稿提供的宝贵建议。他们的审阅并不意味着对本报告内容的任何背书。本报告中可能出现的任何疏漏或错误皆由作者承担。

零排放重型车的推广目标和销量要求

设定零排放重型车的销量、市场份额或保有量目标是推广零排放重型车的一种可行政策方案。经证实, 针对轻型车(LDV)实施的销量和保有量目标有效促进了零排放车辆的快速普及。³目前监管机构正在考虑将重型车纳入销量和保有量目标。

一般来说, 要想从法律层面规定零排放新车的销量要求, 首先要由政策制定者描绘高层愿景(无需考虑具体实施机制), 以便为政策制定指明总体方向, 最终才有可能形成一项具有约束力的立法法案。因此, 下文将围绕以下两个方面展开讨论: 全面推广零排放重型车的非约束性目标和可强制执行的约束性法规。⁴

非约束性目标在本质上是具有政治倾向性的, 体现出当权政府的总体政策方针, 并且相对容易采纳, 因为它们通常只涉及行政部门。表1汇总了世界主要国家和地区针对零排放重型车设定的非约束性目标。

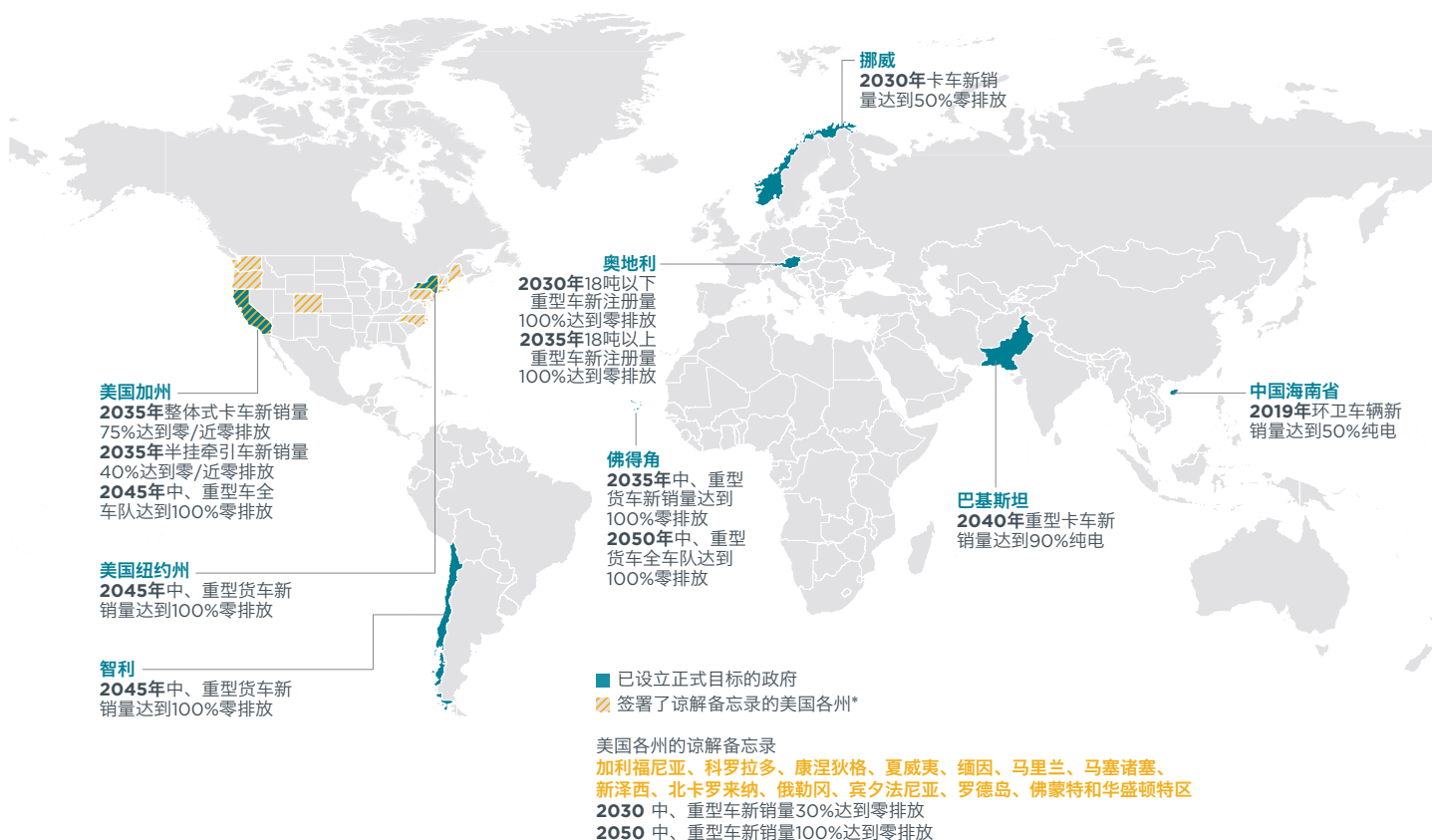
表1.推广零排放重型车的非约束性销量和保有量目标示例

市场	车辆类型	目标类型	年份	目标	来源
奥地利	所有中重型车辆	新车销量	2030	100%零排放客车	政府公文 ⁵
			2032	100%零排放货运卡车 (总车重<18吨)	
			2035	100%零排放车	
韩国	货运卡车	汽车保有量	2040	4万辆燃料电池电动货运卡车	政府公文 ⁶
荷兰	燃料电池电动重型车	新车销量	2025	3千辆	政府公文 ⁷
挪威	货运卡车	新车销量	2029	50%零排放车	政府公文 ⁸
巴基斯坦	货运卡车	新车销量	2030	30%电动车	政府公文 ⁹
			2040	90%电动车	
英国	货运卡车	新车销量	2035	100%零排放货运卡车 (总车重<26吨)	政府公文和公开意见征求 ¹⁰
			2040	100%零排放车	
美国加州	所有中重型车辆	汽车保有量	2045	100%零排放车	行政命令 ¹¹
美国 15 个州 ^a 和哥伦比亚特区	所有中重型车辆	新车销量	2030	30%零排放车	政府谅解备忘录 ¹²
			2050	100%零排放车	
中国海南	环卫车	新车销量	2019	50%新能源汽车(NEV)	政府公文 ¹³

^a加利福尼亚州、康涅狄格州、科罗拉多州、夏威夷州、缅因州、马里兰州、马萨诸塞州、新泽西州、纽约州、北卡罗来纳州、俄勒冈州、宾夕法尼亚州、罗德岛州、佛蒙特州和华盛顿州。

目前的非约束性目标涉及范围广泛。加拿大、中国、新加坡和斯里兰卡都制定了涵盖所有车辆类型的广泛的交通领域电动化战略, 但未具体说明零排放中重型车辆的预期推广目标。除少数市场外, 非约束性目标针对的是新车销量而不是在用车保有量。此外, 非约束性目标可以分为两类: 引导消费者和商用车队购车的目标和与重型车制造商相关的销量目标。目前, 大多数目标都被框定为销售目标, 需要在实施的后阶段对制造商进行监管。

图1汇总了本章节中涉及的各国政府零排放重型车目标。图中未显示英国和法国的目标, 因为他们尚未最终确定。



注：本图包括至少面向40%销量的淘汰目标
*尚未在正式的国家/省、州级政策文件中体现出来，如气候或交通政策、法律文件等

图1.各国政府设定的在特定日期之前逐步淘汰内燃机货车的目标（数据状态：2021年10月）

虽然上述目标为汽车制造商描绘了一个清晰的愿景，有助于未来的产品规划和投资，但是只有通过制定和实施具有法律约束力的政策才能确保零排放重型车的快速普及。中国 and 加州针对零排放轻型车(ZE-LDV)实施了强制性销售要求，其实施效果证明该政策可有效推进大规模电动化，即使面临可选车型不多和缺乏充电基础设施等诸多困难。¹⁴

加州在推行零排放车销售要求方面的成功最能体现在零排放轻型车的市场占有率上，其市场占有率是美国平均水平的四倍多。该政策现已扩展到零排放重型车市场。加州是全球唯一一个通过立法形式要求销售零排放重型车的地区。加州发布的《先进清洁卡车法规》(ACT)是全球第一项要求制造商提高零排放卡车销量占比的法规。15该法规根据车辆总重额定值(GVWR)将重型车划分为三个级别：2b-3级皮卡和货车 (3.8吨<GVWR<6.3吨)、4-8级载货汽车 (GVWR>6.3吨) 和7-8级牵引车 (GVWR>11.8吨)；从2024车型年开始它们分别需要满足不同的销量要求。如图2所示，法规要求逐步提高三个级别重型车的年销量百分比。

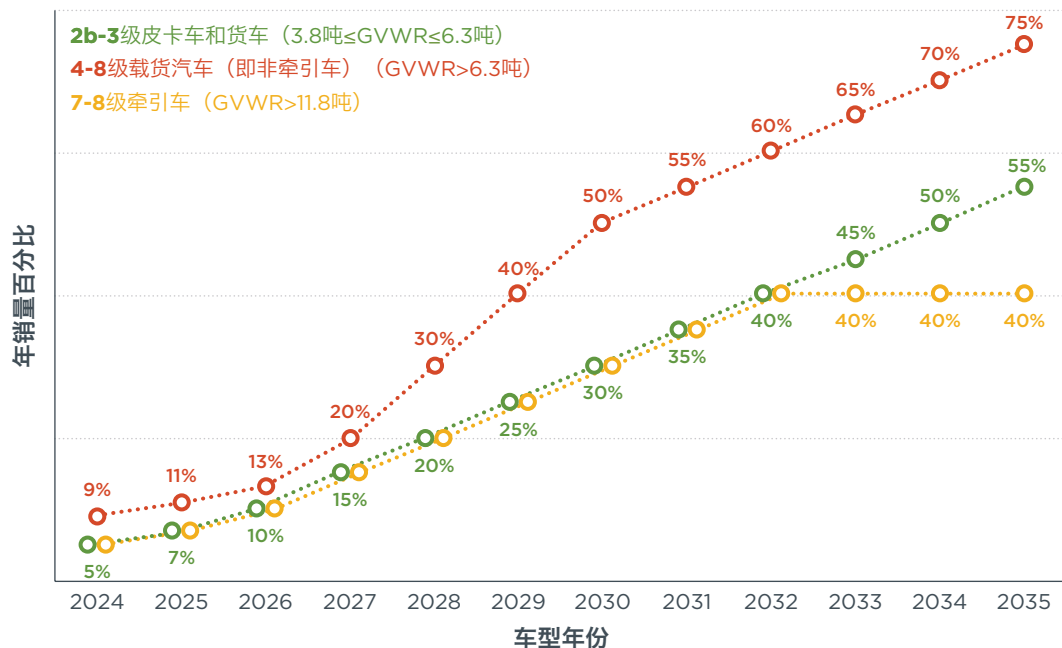


图2.加州《先进清洁卡车法规》——按照车型级别和车型年份划分的零排放车销量占比时间表

加州《先进清洁卡车法规》制定了一套积分赤字体系。制造商在加州的内燃机卡车销量会产生对应的积分赤字。为达到合规要求，制造商必须通过销售零排放卡车来获得积分以抵偿各类管控车型在特定车型年份的总积分赤字。7-8级牵引车产生的积分赤字只能用同级别车型的积分抵偿。多余的积分可以在制造商之间进行交易。

为了促进尽早合规和奖励提前实现合规，积分可从第一个销量要求（2024年）生效前三年开始累计。2021年至2023年产生的预提积分将具有更长的有效期，并且最晚可结转至2030年底。对于2024年及以后产生的积分，其有效期仅为五年。

加州《先进清洁卡车法规》针对各级别卡车采取不同的积分赤字核算方式。核算方式的差别意味着不同类型车辆拥有不同的排放足迹，这也有助于针对排放量占比最大的车型类别推广零排放车，但需要有针对性的监管措施来推动车型开发和部署。一些关键的细分措施包括：

- » **三个级别卡车分别产生各自的积分赤字。**为体现各监管级别之间的排放差异，该法规引入了车重系数。例如，总车重超过11.8吨的7-8级牵引车具有最大的车重系数(2.5)，以反映其较大的排放足迹。
- » **采用针对每一个监管级别设定的同一车重系数对积分值进行调整。**7-8级牵引车是温室气体排放足迹最大的最重车辆，所以其零排放车型获得的积分最高(2.5)。
- » **在积分赤字核算方面，牵引车自成一派。**7-8级牵引车累计的年度积分赤字只能用同级别的积分来抵偿。

为了鼓励纯零排放汽车技术的发展，《先进清洁卡车法规》对插电式混合动力卡车设置了诸多限制。插电式混合动力卡车产生的积分始终低于同级别的零排放卡车；将零排放卡车的全额积分值乘以纯电动续航里程，再乘以0.01计算出插电式混合动力卡车的积分值；其中，最大纯电动续航里程为75英里，也就是说，积分数额上限为正常零排放积分数额的75%。此外，插电式混合动力卡车获得的积分最多只能用于抵偿总销量年度积分赤字的一半，并将到2035年底逐步取消。

不遵守《先进清洁卡车法规》将被视为违反加州空气资源委员会(CARB)的排放标准或测试程序。根据《加州健康与安全法》的第43212条规定, 未能按照《先进清洁卡车法规》要求抵偿积分赤字或撤销积分的制造商将被处以最高3.75万美元的民事罚款。因违规所处的罚款将存入加州空气污染控制基金。图3显示了积分赤字机制的概要图解。

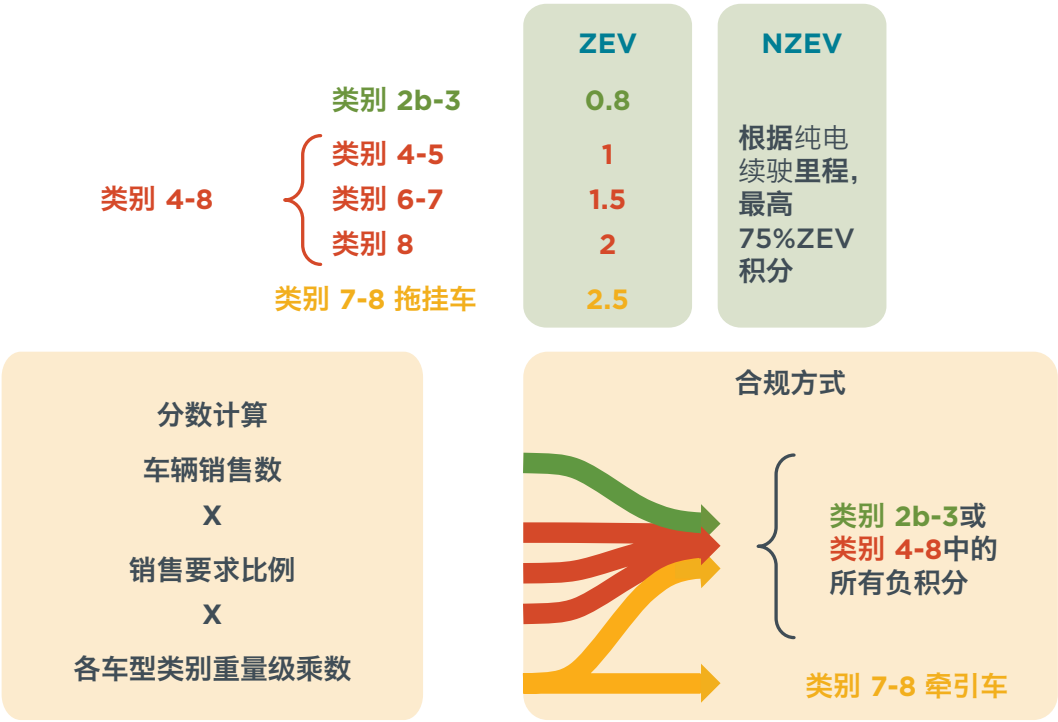


图3.加州《先进清洁卡车法规》中关于制造商年度积分值、赤字计算和监管合规性的要求

中国政府正在制定一项要求销售零排放新能源商用车的法规。这套新规则将作为中国现行轻型新能源汽车政策（俗称“双积分政策”）的补充。¹⁶虽然商用车积分政策仍在讨论过程中, 但是预计将针对制造商生产或进口新能源商用车制定年度积分要求, 这些积分随后将用于合规性审查。目前尚不清楚重型车燃油经济性标准和新能源汽车销量目标之间是否可进行积分交易, 即轻型车“双积分政策”是否会适用于重型车。

对中国政策制定的启示与建议

中国在制定新能源重型车法规时可评估和参考加州《先进清洁卡车法规》中的几个开创性要素。我们建议中国监管部门采取以下措施：

- » **针对零排放重型车设定较为有雄心的短期销量要求。**该措施将确保零排放重型车的充足供应, 进而推动基础设施建设和降低制造成本。为确保有效实施, 此短期销量要求须包括适当的处罚措施和强制性规定。加州提供了一个很好的实践范例, 其设定了相对激进但可实现的目标, 要求到2025年重型载货汽车新车中零排放车辆的销量占比达到11%, 到2030年达到50%。对于半挂牵引车, 要求到2025年零排放车辆的销量占比达到5%, 到2030年达到30%。
- » **设定零排放重型车全面普及的长期销量目标, 为制造商描绘明确的发展蓝图, 促进其产品设计和投资。**全面普及的长期销量目标补足了短期约束性销量要求和车辆法规的短板。后者主要为了确保快速启动行业所需的供应链, 而前者则为投资的长期性提供了保障。

- » **制定出台针对不同应用场景但技术中立的政策措施。**激励政策应针对二氧化碳排放量最高的车型（如半挂牵引车）推广零排放车辆。但与此同时，政策的出台也应致力于为纯电动卡车和燃料电池电动卡车创造一个公平的竞争环境，从而确定最具成本效益的技术路径并提供长期支持。加州的《先进清洁卡车法规》是一项技术中立的法规，在分配系数时仅考虑车重和车身类型，以反映出大型卡车的高排放足迹、高成本和较大的生产技术挑战。这意味着，在选择技术路径时不会偏袒纯电动或氢燃料电池电动汽车。此外，加州的销量要求覆盖全部重型卡车车型，其中也包括最重的7-8级载货汽车和牵引车。所有重型卡车均受该法规约束。
- » **为制造商实现积分合规创造便利条件，如积分存储与交易、积分预提和针对插电式混合动力汽车的积分折扣。**得益于积分灵活配置和递增式销量目标要求，制造商有时间准备零排放重型车产品，监管机构可设定更为激进的目标，使积分合规更具可行性。

将燃料消耗量、二氧化碳和温室气体排放标准作为推广零排放重型车的政策工具

通过改进现有技术已无法满足苛刻的性能标准要求，这将加速开发具有成本效益的新技术，此举的同时需保持技术中立性。在零排放重型车背景下，严格的性能标准通过控制燃料消耗量、二氧化碳及其他温室气体排放量，将加速零排放重型车打入市场。政府可以考虑在已证实零排放车可实现性能标准合规性的其他车型基础上制定重型车标准。例如，为了满足严格的欧洲轻型汽车二氧化碳排放标准（2020年生效），越来越多的制造商转向电动汽车，电动汽车的市场份额在短短一年（2020年）内就从3%上升到11%。¹⁷

虽然这些标准的监管设计要素（包括技术基线、测试方法、试验循环、最大允许负载和评估指标等）在不同地区存在很大差异，但仍然可对主要车型标准实现的改善效果进行比较。图4显示了不同长途卡车标准相对于标准引入时定义的基线减少的二氧化碳排放量。

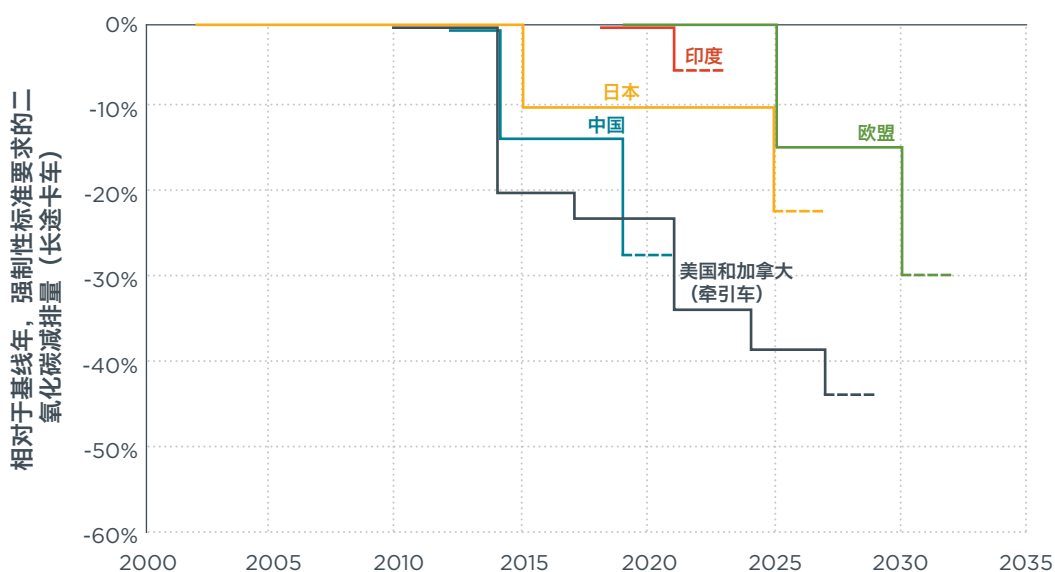


图4.世界主要国家实施的新强制性标准下的长途卡车减排要求。0%水平线代表每个国家标准的基准年。

欧盟、美国、加拿大、中国、日本和印度都制定了相关性能标准来控制重型车的燃料消耗量或二氧化碳和温室气体排放量。虽然尚未证明上述标准可以加速零排放重型车的普及, 但有明确的迹象表明其中一些标准确实起到推动作用。例如, 欧盟要求到2030年将二氧化碳排放量减少30%, 虽然这可以通过改进内燃机卡车技术实现, 但这并不是确保合规和降低未来风险的最具成本效益的方式。因此, 在2040年全面取消化石燃料的目标下, 欧洲卡车制造商设定了到2030年普及零排放重型车的宏伟目标。¹⁸

表2汇总了这些性能标准的关键要素。

表2.世界主要国家实施的重型车燃料效率、二氧化碳或温室气体排放标准

	美国 ¹⁹ 和加拿大 ²⁰	欧盟 ²¹	中国 ²²	日本 ²³	印度 ²⁴
类型	车队平均	车队平均	单车	车队平均	单车
监管指标	CO ₂ (g/ton-mile) ^a 针对CH ₄ 和N ₂ O单独制定标准	CO ₂ (g/tonne-km)	燃料消耗量(L/100 km)	燃油经济性(km/L)	燃油经济性(km/L)
适用车型	GVW > 3.85吨 19个子类别	GVW >16吨 9个子类别	GVW > 3.5吨 66个子类别	GVW > 3.5t 25个子类别	GVW > 12吨 10个子类别
首次实施年份	第1阶段: 2014, 2017 第2阶段: 2021, 2024, 2027	2025和2030	第1阶段: 2012 第2阶段: 2014 第3阶段: 2019	第1阶段: 2015 第2阶段: 2025	第1阶段: 2018 第2阶段: 2021
强制改进 ^b	第1阶段: 5%至23% 第2阶段: 10%至27%	到2025年达到15% 到2030年达到30%	第1阶段: 无 第2阶段: 10%至14% 第3阶段: 12%至16%	第1阶段: 1%至12% 第2阶段: 3%至16%	第1阶段: 无 第2阶段: 5%至16%

a 美国交通部的国家公路交通安全管理局(NHTSA)基于每加仑柴油10180克CO₂的换算系数设定了等效的燃料消耗量标准(单位为加仑/1000吨-英里)。

b 以区间呈现的数值表示单独监管的子类别中规定的最小和最大减排量。

为了通过二氧化碳和温室气体排放标准来激励零排放重型车推广, 制定法规时需要配合正确的政策设计。四个关键要素如下所述: 1) 车队平均标准(而非基于单车的标准), 不通过直接强制零排放产品, 而是用严格的排放标准来推广零排放重型车; 2) 技术强制性标准, 设定极高的性能要求, 使内燃机车辆无法通过进一步改进现有技术以经济有效的方式实现; 3) 零排放重型车激励措施, 通常以性能积分的形式, 降低新技术达到标准要求的成本; 4) 考虑不同的货运特性, 如不同类型车辆的载质量、年行驶里程和使用寿命。

表3给出了关于美国和欧盟将零排放重型车纳入二氧化碳或温室气体排放标准的详细信息。

表3.美国和欧盟的燃料经济性和温室气体排放标准中关于零排放重型车的规定

市场	规定类型	说明
美国 ²⁵	车队平均标准	美国实施了一项积分平均、存储与交易(ABT)计划。根据ABT积分的总和来评估合规性。一个积分平均组的车辆或发动机需要有零积分余额或盈余。所有电动汽车的CO ₂ 、CH ₄ 和N ₂ O排放量均视为零，不需要进行排放测试。
	技术强制性标准	标准的严格性取决于内燃机重型车的技术可行性，并非旨在推动零排放重型车涌入市场。得益于第1阶段和第2阶段的共同能效提升，与2010车型年的技术相比，重型皮卡和货车的二氧化碳排放量减少了约20%-30%，载货汽车减少了20%，半挂牵引车减少了30%-45%。
	零排放重型车激励措施	零排放重型车采用先进技术系数(Advanced Technology Multiplier)进行调整：插电式混合动力电动卡车、纯电动卡车和燃料电池电动卡车的系数分别为3.5、4.5和5.5。先进技术系数将在2027车型年撤销。
	考虑货运特性	共有四个积分平均组：1) 全尺寸皮卡和货车；2) 轻重型车辆（2b-5级）；3) 中重型车辆（6-7级）；4) 重重型车辆（8级）。每个积分对冲组都有有效期限（单位为千英里）。积分产生与有效期限成正比。积分平均、存储与交易只能发生在一个平均组内。
欧盟 ²⁶	车队平均标准	通过一个名为“二氧化碳平均比排放量”（单位为gCO ₂ /t-km）的指标对整个车队的二氧化碳排放量进行管控。通过此存借机制，制造商可在特定时间段内累积二氧化碳排放量的正积分和负积分。零排放重型车的认证二氧化碳平均比排放量为0g CO ₂ /km。
	技术强制性标准	标准的严格性取决于内燃机重型车的技术可行性，并非旨在推动零排放重型车涌入市场。与2019/2020年的基线相比，制造商必须证明，到2025年平均二氧化碳排放量减少15%，到2030年减少30%。
	零排放重型车激励措施	欧盟采用技术中立的政策设计，通过零排放和低排放车辆(ZLEV)因子激励零排放重型车推广。ZLEV因子（取决于零排放重型车销量）乘以制造商的平均二氧化碳比排放量。2019-2024年期间，在计算制造商的平均二氧化碳比排放量时，对零排放重型车多次计数。2025年及以后，制造商必须达到2%的最低基准才能受益于ZLEV因子。ZLEV因子的最小值为0.97，这意味着ZLEV激励措施最多只能将制造商的平均比排放量降低3%。
	考虑货运特性	在车队平均计算中，行驶里程和载质量权重(MPW)因子用于描述各车辆组别之间货运活动的差异。然而，ZLEV因子（如上所述）并没有体现这些差异。因此，法规仅体现了零排放重型车的部分货运活动。

认证和型式核准程序是更有针对性地推广零排放重型车的相关政策工具。目前, 世界大多数主要重型车市场没有专门针对零排放重型车设计的认证方法（见表4）。

表4. 零排放重型车认证进展

市场	说明	政策现状
欧盟 ²⁷	2019年重型车二氧化碳排放法规中规定了零排放重型车认证和型式核准时间表	到2021年12月31日，欧盟委员会将采用“一种确定零排放续驶里程和电量消耗量的方法”；到2022年，欧盟委员会将提交一份名为“结合行驶里程和载质量权重因子，按照零排放续驶里程和车辆组别进行区分的可能性” 报告。
中国	电动汽车的能耗和续驶里程测试规程	GB/T 18386-2017是现行的测试标准，主要适用于轻型汽车。目前，专门适用于重型车辆的修订版标准处于征求意见阶段，将作为零排放重型车认证的专用测试规程。
日本	目前，日本的第2阶段重型车燃油经济性标准不涵盖混合动力、替代燃料和零排放车辆	日本国土交通省将针对重型电动汽车开发一种测量方法，并探索将混合动力、替代燃料和零排放车辆以及其他先进技术卡车和客车纳入燃油效率标准的可行性。

尽管零排放重型车在应用和性能方面存在很大差异，其零排放续驶里程和载质量的区别在现有的燃料经济性和温室气体法规中却没有被体现。能耗和电动续驶里程的认证将有助于针对排放量最高的车型类别推行零排放卡车激励措施。欧盟、中国和日本已经认识到了这一局限性，并且正在制定积极的政策干预措施。

对中国政策制定的启示与建议

中国现行的重型车燃料消耗量标准不利于零排放重型车的推广整合。基于性能的标准是确保零排放重型车推广的一项重要政策工具。发布此类标准时可与销量要求相结合并加以协调。然而,要想在中国充分发挥这一政策工具的优势,需要对重型车能效标准进行重构。我们建议政策制定者采取以下措施:

- » **制定车队平均标准。**参照美国和欧盟的车队平均积分体系制定温室气体法规条款。中国的重型车能效标准是基于单车而非制造商车队。中国要想通过基于性能的标准推动零排放重型车的大规模采用,需要转型到车队平均值的方法。
- » **制定技术强制性标准。**制定长期且严格的标准,使内燃机车辆无法通过持续改进以经济有效的方式满足标准要求,这是推广零排放重型车的有效手段。
- » **构建零排放重型车的积分激励机制,确保设计巧妙且限定适用范围和补贴周期。**零排放重型车激励措施应在激励零排放重型车与削弱温室气体和燃油经济性标准带来的收益之间实现平衡。¹需要特别指出的是,监管机构应避免向正在快速推动电动化进程的车辆类别和级别提供奖励超额积分或系数。系数需要精心设计,以产生预期的短期影响,并有明确的退出规定。
- » **在制定法规时考虑到各类车辆的货运活动特性。**积分系统应考虑不同车辆类别的载质量、年行驶里程和使用寿命。这样的话,通过销售零排放重型车获得的积分将与车辆的减排量成正比。例如,由于长途卡车拥有更大的二氧化碳排放足迹,所以其零排放车型须获得更多的减排积分。零排放重型车的认证标准和程序将有助于实现更公平的分配。

零排放重型车购置激励措施

针对零排放重型车提供购置补贴是欧洲和北美汽车市场常用的一种政策工具;由于零排放重型车的价格高于传统燃油车,导致其销量不佳,借此政策可缩小两者之间的价格差距。虽然一些补贴计划并非专门针对零排放重型车,这些资金补贴计划旨在实现更为环保清洁的道路和非道路车辆、发动机和设备,但是零排放技术通常会从在这些计划中获得最多的资金支持。

表5汇总了全球主要汽车市场提供的购置激励措施。

1 ICCT在2017年进行的一项研究表明,由于美国推行超高积分奖励和零上游排放核算政策,电动汽车普及率达到23%,但是这导致美国监管计划的二氧化碳收益率降低了26%。在欧洲,电动汽车的新车销量占比达到28%将抵消掉欧洲乘用车温室气体排放法规预期二氧化碳收益的41%。请参见Lutsey, Nic, “将电动汽车纳入美国和欧洲的能效法规”, 国际清洁交通委员会, 2017年6月22日。https://theicct.org/sites/default/files/publications/Integrating-EVs-US-EU_ICCT_Working-Paper_22062017_vF.pdf

表5.各国的零排放重型车购置激励措施

市场	政策	主管机构	资金来源	资格要求	购置补贴金额
加州	混合动力与零排放卡车和客车购置代金券激励项目 (HVIP) ²⁸	加州空气资源委员会和CALSTART	碳排放与交易收入	购买客车和卡车。除公交巴士外，不得与Carl Moyer计划合并使用。	单车补贴上限为31.5万美元，附加其他调整系数
	Carl Moyer Memorial 空气质量达标计划 ²⁹	加州空气资源委员会以及加州的35个地方空气质量管理局	19个空气管理区的雾霾费和登记附加费	卡车和客车更换与改造动力装置。	单车补贴上限为20万美元。对于小型车队（少于10辆车），最多可节省80%的车辆成本。对于大型车队，最多可节省50%的车辆成本。
	加州大众环境缓解信托基金——零排放8级货车和港口短途卡车计划 ³⁰	南海岸空气质量管理局	大众环境缓解信托基金	2012车型年之前的8级货运卡车报废与更换。	单车补贴上限为20万美元。州政府所拥有的公共车辆最多可节省100%的车辆成本。非公共车辆最多可节省75%的车辆成本。
中国	关于进一步完善新能源汽车推广应用财政补贴政策的通知（2021年） ³¹	财政部、工业和信息化部、科技部和发展改革委	中央政府资助	卡车与专用车辆的销售	对于大于12吨的纯电动货车（公共领域）的单车补贴上限为4.95万元人民币；对于纯电动货车（非公共领域）的单车补贴上限为4万元人民币。补贴金额取决于电池容量。2020年4月之前，燃料电池电动货车的单车补贴上限为40万元人民币。中国政府启动了一项新计划，具体补贴数额尚不清楚。 ³²
法国	部级条例 ³³	生态转型部	国家预算	购买纯电动、氢燃料电池电动或混合动力电动重型车	零排放重型车购置成本补贴40%，单车补贴上限为5万欧元。
德国	关于推广环保动力商用车车辆的指令 ³⁴	联邦运输和数字基础设施部	联邦预算	购买电动商用车	单车补贴上限为零排放重型车与同款欧VI柴油车型价差的80%。
意大利	部级条例 ³⁵	基础设施与交通部	国家预算	购买新的“替代”动力系统，包括燃气、混合动力和纯电动汽车	对于纯电动货车（>7吨）的单车补贴上限为2万欧元。
西班牙	MOVES II计划 ³⁶	生态转型与人口挑战部	国家预算	购买新的零排放重型车	对于纯电动和氢燃料电池电动货车的单车补贴上限为1.5万欧元。
英国	插电式混动汽车补贴计划 ³⁷	零排放车辆办公室。交通部和商业、能源和工业战略部	国家预算	五款提前核准的零排放卡车车型（总车重介于3.5吨至12吨，电动续航里程不低于100公里）。每个客户限购10辆	前250笔订单可享受20%的购置价格补贴，单车补贴上限为1.6万英镑。

各个国家的购置补贴金额存在很大差异，从几千美元到三十多万美元不等，具体取决于车型、负载系数、原车价格和技术参数（续驶里程、电池容量和能源效率等）以及车辆市场状况。

虽然混合动力与零排放卡车和客车购置代金券激励项目(HVIP)等激励计划直接向消费者提供补贴，而其他计划向制造商提供补贴，制造商转而将节省的成本转嫁给消费者。中国实施的补贴计划就是后一种方式的典型示例。³⁸

激励方案的一个重要因素是反馈报告与核查机制。在中国，由于新能源汽车补贴是汽车制造商的重要收入来源，中国监管机构已采取措施确保补贴车辆符合技术资格要求并投入实际使用，从而实现真正意义上的减排。³⁹在加州，受益于HVIP补贴计划的消费者同样有义务保留至少三年的HVIP报告，并接受加州空气资源委员会及相关州机构的评估和财政审计。⁴⁰此外，加州HVIP计划的反馈报告还可通过车载远程信息处理系统跟踪弱势和低收入人群受益于补贴计划的情况。

对中国政策制定的启示与建议

中国新能源汽车补贴计划经历了近十年的迭代和修订。中国已经建立了监测与评估机制，以避免恶意骗补，并且随着每一次政策更新，对有资格获得补贴的制造商的续

驶里程与能耗设定了越来越严格的技术要求。基于全球其他市场的政策和经验，中国在制定未来的购置激励措施时应当考虑以下现实情况：

- » **补贴有助于在短期内刺激零排放重型车的购买需求。**购置激励措施是一种效果显著的政策工具，有助于缩小柴油重型车与零排放重型车之间的成本差距，并为加速推广零排放重型车创造合适的条件。从财政角度来讲，补贴是不可能长期持续存在的，应当限定补贴周期和适用范围，以便在市场起步阶段创造充足的需求，然后在规模经济效应显现且制造成本降低时逐步退出。
- » **为长期的零排放重型车购置激励计划提供资金支持，应考虑财政可持续的替代方案。**大规模推广零排放重型车可能需要花费数亿美元。零排放重型车补贴计划如果采用奖惩机制，既有助于确保长期补贴计划的财政可持续性，又能抑制燃油车的需求和减少温室气体和/或大气污染物排放活动。对销售的内燃机重型车征税以弥补其产生的社会外部成本，而获得的收入可用于资助零排放重型车的购置激励计划。加州的HVIP和大众环境缓解信托基金是“污染者付费原则”的典型示例，其中零排放重型车购置补贴的资金流来自碳排放与交易收入和对大众汽车的罚款（由于大众汽车采用非法排放测试失效装置导致过量的氮氧化物（NO_x）排放）。
- » **补贴的目的应在于弥补零排放卡车与同款内燃机车型之间的成本差异。**在2020年4月针对燃料电池电动重型车的补贴结束后，2021年中国中央政府对公共服务领域的重型新能源汽车和专用车辆（不论何种动力传动技术）的单车补贴上限为4.95万元人民币。在某些应用场景中零排放重型车的成本可能相对较高，例如配备大电池的纯电动半挂牵引车，此补贴金额不足以对柴油重型车与零排放重型车之间的当前成本差距产生显著的影响。这需要设定更合理的补贴金额以弥补零排放卡车与同款内燃机车型之间的成本差异。更高的补贴金额对需要长续驶里程的重车型更为有利，因为他们的电池成本相对较高。
- » **基于车辆参数更有针对性地推行零排放重型车购置激励措施。**设置更多且更严格的资格审查标准（如车辆负载系数、动力传动技术和能耗）将有助于区分车辆性能并且更有效地分配补贴。针对重型新能源汽车的新测试规程和标准将于近期发布，预计将推动制定更细化且更有效的激励计划。

零排放重型车车队运营激励措施

在长途卡车的整个生命周期中，运营成本（包括加油和道路通行费）在重型车拥有总成本中所占的比例最大。因此，相对于燃油重型车而言，降低零排放重型车的运营成本是提升其成本竞争力的一个可行方案。各国监管机构正在制定针对零排放重型车运营成本的法规。下文我们将着重介绍两个典型案例：加州的燃料成本和欧洲的道路通行费法规。

加州的低碳燃料标准(LCFS)旨在通过市场手段增加州内低碳运输燃料的使用率。⁴¹ 投资、拥有与运营充电和加氢基础设施的车队基于其使用的燃料量获得积分。LCFS积分可进行出售来产生收益，从而完全（或几乎完全）抵消纯电动卡车充电产生的电力成本。据加州空气资源委员会估计，在2024年购买的一辆8级（>14969 kg）纯电动短途牵引车在其12年的使用寿命内可以产生超过12万美元的LCFS总收益。⁴² LCFS收益可以削减一半的车辆运营及其他成本，这使得纯电动卡车比同款柴油卡车更具竞争力。相对而言，加氢成本可降低4%至16%。⁴³

在加州的LCFS政策设计中, 随着计划标准的收紧, 积分收益会随着时间的推移而下降, 政策支持力度也会逐渐降低, 促进零排放重型车市场的良性发展。⁴⁴ 这反过来又将对车辆成本产生积极影响, 从而降低拥有总成本。

一些欧洲国家给予零排放重型车免收 (或优惠) 道路通行税费的政策待遇。目前, 欧盟正在对Eurovignette指令进行修订, 该指令规定了欧盟成员国在卡车使用充电基础设施方面必须遵守的规则与程序。虽然该监管文件尚未定稿, 但是通过欧盟各机构之间的谈判磋商可获悉总体思路。从2023年起, 欧盟成员国将根据车辆的二氧化碳排放性能向卡车运营商收取道路通行费。欧盟允许其成员国在2025年之前对零排放重型车免收道路通行费。此后, 与内燃机卡车相比, 道路通行费将降低50%至75%。表6概述了几个欧洲国家当前实施的道路通行费计划的关键要素以及正在对Eurovignette指令进行的修订。

表6. 针对零排放重型车的道路通行费减免/优惠

市场	道路通行费	针对零排放重型车的道路通行费减免/优惠
欧盟	Eurovignette指令是欧盟对卡车征收道路使用费的法律框架。现行指令允许但不强制成员国将通行费设定在维护与更换基础设施所需的费率水平, 并许可收取反映空气污染和噪音成本的“外部成本费用”。欧盟委员会在2017年提出了修订Eurovignette指令的提案。 ⁴⁵ 立法机构于2021年6月达成了一项临时协议。该法规尚未正式通过, 但普遍认为是顺理成章的事情。	针对零排放重型车的道路通行费最高可减免75%。针对传统燃油半挂牵引车额外收取最高每公里0.16欧元的二氧化碳排放费。
奥地利	半挂牵引车的道路通行费超过每公里0.40欧元。	50%的道路通行费优惠, 政府计划提高到75%。 ^{46、47}
德国	总车重超过7.5吨的所有货车均收取高速公路通行费。收费金额取决于车辆的污染物排放标准认证、车轴数量以及车辆在收费路段的行驶里程。一辆欧VI半挂牵引车每公里收费0.19欧元 (约占总运营成本的15%), 或每年收费约2万欧元。 ⁴⁸	完全免收道路通行税费 ⁴⁹
瑞士	一辆40吨的货车每公里收取超过0.80欧元的道路通行费。 ⁵⁰	免收道路通行费。

对中国政策制定的启示与建议

运营激励措施可以降低运营成本。减免道路通行费和节省燃料成本将降低零排放重型车的拥有总成本, 这对注重车队运营经济效益的重型车运营商极具吸引力。中国的监管机构应当采取以下措施:

- » 通过低碳燃料标准等积分激励机制可降低零排放重型车的能源成本, 并提高拥有总成本的比较优势。在加州, LCFS不仅对电动和氢燃料电池重型车车队所有者提供补贴, 而且还对使用柴油等化石燃料的重型车收取额外费用。
- » 针对零排放重型车的道路通行费优惠/减免是推广零排放重型车的另一种手段。贝恩咨询公司(Bain & Company)的一份报告显示, 2017年路桥通行费占中国公路货运业务总成本的30.7%。⁵¹降低零排放重型车的路桥通行费将使车队所有者和运营商获得更大的利润空间, 并且有助于缓解中国高速公路上货车超载问题导致的安全风险。

针对零排放重型车的基础设施激励措施与计划

各国政府在制定政策时都将基础设施视为推广零排放车的重要因素。表7给出了一些基础设施激励措施与计划的详细信息。

表7.针对零排放重型车的基础设施激励措施与计划

市场	政策	说明
加州	低碳燃料标准(LCSF)	LCFS法规根据设计容量，为符合条件的加氢站和直流(DC)快速充电桩提供基础设施积分。充电和加氢基础设施的投资者甚至在投资完全转化之前就已获得经济收益。 ⁵² LCFS允许异地产生的可再生能源电力用于电动汽车充电和电解制氢。
	加州能源委员会的清洁交通计划	加州能源委员会(CEC)是加州的能源政策和规划机构。CEC将在2020-2023财年从清洁交通计划基金中拨款1.298亿美元用于中重型零排放车的基础设施投资。 ⁵³
	加州公用事业委员会(CPUC)对中重型车辆充电基础设施的投资	CPUC是加州电力公司的监管机构，其已批准加州主要电力公司在支持中重型电动车基础设施建设方面的投资。太平洋煤气电力公司(PG&E)将投资2.36亿美元用于在700多个站点安装一体化充电基础设施，可满足至少6500辆中重型电动车的充电需求。南加州爱迪生电力公司(SCE)将投资3.43亿美元在870多个站点安装一体化充电基础设施，可满足至少8490辆中重型电动车的充电需求。 ⁵⁴ 两家公用事业公司都处于实现投资收益的初期阶段。
	零排放汽车电价计划 ⁵⁵	SCE根据车队运营商的充电需求制定了三种商业电价。同样，PG&E制定了两种基于认购的商用电动车电费方案。第三家大型公用事业公司圣地亚哥煤气电力公司(SDG&E)也在申请一项商用电动车充电费率计划。
中国	充电基础设施资本投资和运营补贴	“十三五”期间（2016-2020年），中央财政对充电基础设施投资进行补贴。按照大气污染防治的优先级，对各省市进行补贴。从2016年到2020年，补贴上限和资格要求逐步收紧。 ⁵⁶ 地方政府在基础设施补贴（包括运营补贴）方面发挥了更积极的作用。 ⁵⁷ “十四五”期间的具体国家补贴计划尚未公布。
欧盟	替代燃料基础设施法规（草案） ⁵⁸	2021年7月，欧盟委员会发布了一项关于修订和废除替代燃料基础设施指令(AFID)（2014/94/EU指令）的提案。新法规基于AFID中的国家计划（国家政策框架，NPF），并且制定了支持零排放重型车基础设施建设的目标。该目标包括，到2030年在全欧交通网络(TEN-T)核心网沿线每60公里和TEN-T综合网沿线每100公里建设一个重型车公用充电基础设施，并确保提供充足的电力输出水平。加氢基础设施的目标是每150公里建设一个700帕加氢站和每450公里建设一个液氢站。
法国	ADVENIR计划 ⁵⁹	ADVENIR计划为首批50个充电基础设施项目或为服务于N2和N3类货车的1000个充电桩提供补贴。对于并网功率超过8000kVA的项目，法国政府提供最高96万欧元的补贴。
德国	充电基础设施总体规划 ⁶⁰	德国联邦内阁于2019年11月批准了基础设施总体规划(Masterplan Ladeinfrastruktur)。这项总体规划制定了卡车充电基础设施的未来发展措施。
	关于推广环保动力商用车辆的指令 ⁶¹	德国政府为零排放重型车充电或加氢基础设施提供最高80%的资金补贴。
波兰	发展替代燃料基础设施的国家政策框架 ⁶²	关于《发展替代燃料基础设施的国家政策框架》(Sprawozdanie z realizacji Krajowych ram polityki rozwoju infrastruktury paliw Alternatywnych)实施情况的报告中规定，充电站的补贴上限为15万兹罗提（约合4.02万美元），或总建设成本的50%。
韩国	加氢站建设运营补贴	环境部从2021年氢能汽车供应项目预算中拨款5082亿韩元（4.5亿美元）用于建设重型车加氢站。每个加氢站最少可获得7000万韩元（6.2万美元）的运营补贴。 ⁶³
西班牙	MOVES II计划 ⁶⁴	西班牙提供最高10万欧元或充电站总成本40%的补贴。这笔资金并非专门针对零排放重型车，而是覆盖功率范围从7kW以下到100 kW以上的所有非公共和公共充电站。Moves II计划在2021年获得总计11亿欧元的资金支持，资金规模可能继续扩大。
英国	充电基础设施投资基金 ⁶⁵	充电基础设施投资基金旨在为目的地、战略道路和城市地区提供公共充电服务。该基金获得2亿英镑的政府基础投资以及私营企业配资，由私营公司Zouk Capital管理运营。

最常见的基础设施激励形式是对资本投资进行补贴。在很多情况下，基础设施建设补贴仅作为一揽子汽车电动化计划的一部分，并且对乘用车的公共充电和商用重型车的货站充电不作区分。加州在这方面处于领先地位，多渠道募集资金，并制定了专门的重型车充电规定。

除了对支持基础设施建设的资本投资提供补贴外，其他政策工具还包括指导建立一定数量的充电/加氢设施。欧盟于2021年7月发布了一项关于替代燃料基础设施建设的新法规，旨在为各欧盟成员国建设零排放重型车基础设施指明方向。新法规草案从三个层面设定了替代燃料基础设施建设的最低目标：(1) 全欧交通网络(TEN-T)；(2) 城市交通网络；(3) 夜间停车区。该法规设定了TEN-T核心网和综合网沿线部署充电站和加氢站的间隔距离目标，并规定了充电站功率和加氢站容量的最低要求。对于TEN-T沿线的城市节点（即客运站、机场和火车站），该法规规定了安装在这些城市节点的充电站和加氢站的最低功率/容量要求。此外，该法规还规定了重型车安全停车区（主要针对长途卡车）内安装的最低充电桩数量要求及其功率/容量。

随着零排放重型车车队投入运营, 基础设施法规需要考虑的另一个重要因素是能源定价。一个好的能源定价机制应确保车队所有者和运营商获得稳定的能源补给以满足充电需求, 同时降低公用事业总支出; 另一方面, 公用事业供应商可以控制成本并向所有客户提供服务, 包括零排放重型车车队。政策制定者可以撤销基于容量的电网收费方式, 采用反映电网实际情况的分时容量电网费率, 并为零排放重型车车队客户提供灵活的能源补给时间, 以便为零排放重型车所有者和运营商提供支持。公用事业监管改革超出了本文的范围。在ICCT之前发布的出版物中可以找到关于欧盟充电成本和重型车充电能源需求的详细信息。⁶⁶

对中国政策制定的启示与建议

虽然中国已投入巨资推广新能源乘用车和客车, 但仍需要继续对充电基础设施提供政策支持, 给予具有特殊充电和加氢需求的零排放重型车更多的关注。零排放重型车可能需要在港口、交通繁忙的公路货运干道沿线、物流配送中心附近及其他地方进行大功率直流充电。根据其他市场的政策与经验, 我们为中国提供以下建议:

- » **大力建设充电基础设施, 加速向零排放重型车转型。**普及零排放重型车需要大功率充电基础设施 (从约100 kW的私人夜间充电到1 MW的公共道路充电)。因此, 中国需要制定出台有针对性的政策, 通过经济高效的方式配置所需的基础设施。
- » **财政扶持计划可降低零排放重型车基础设施硬件和安装成本的影响。**前期硬件成本和安装支出会推高零排放重型车的能源成本, 相对于柴油重型车而言不具备吸引力。如采取本章节所述的财政扶持计划, 可以大大加速零排放重型车私人 and 公共充电基础设施的早期市场形成。
- » **整合公用事业供应商和电网运营商。**从资本投资的角度来看, 由于重型车需要大功率高压充电, 这将需要升级现有的配电网络。因此, 公用事业供应商将成为提供电价创新模式的关键合作伙伴, 以便通过降低电价来降低运营成本。例如, 现有电价体系并非针对零排放重型车这样的间歇性高功率用电对象设计的, 间歇性高功率用电意味着相对较高的能源价格。通过引入反映电网实际情况的分时、基于用电量等电网收费模式对现有电价体系进行重组, 可以缓解上述情况对能源价格产生的负面影响。

将零排放重型车纳入污染物排放标准

与温室气体和二氧化碳排放标准一样, 污染物排放标准从技术上而言是中立的, 并不强制要求使用零排放技术。然而, 考虑到零排放重型车不产生尾气污染物排放且有助于改善空气质量, 一些监管机构制定了排放合规选项, 将零排放技术纳入传统内燃机监管范畴。

加州是全球唯一一个将零排放重型车积分纳入污染物排放标准法规的重型车市场。2020年8月, 加州空气资源委员会(CARB)批准了《重型发动机和车辆综合法规》以及现行尾气排放标准和测试规程的一系列修正案。⁶⁷新法规加严了加州重型发动机排放标准 (尤其是NO_x排放量) 以及美国联邦法规相关的其他排放标准要求。CARB在其初始理由陈述中表示, 该法规将进一步促进零排放重型车的生产, 并与《先进清洁卡车法规》(ACT)法规产生协同效应。⁶⁸

由于新的加州标准比联邦标准更严格, CARB提出了一项专门针对加州的积分平均、存储与交易(ABT)计划。制造商可以选择生产和认证4-8级零排放重型车系族(GVW > 6.3吨),以便在2022-2026年期间获得加州ABT计划的NO_x积分。这些零排放重型车积分可以在任一平均组内转存和用于NO_x限值合规,如图5所示。

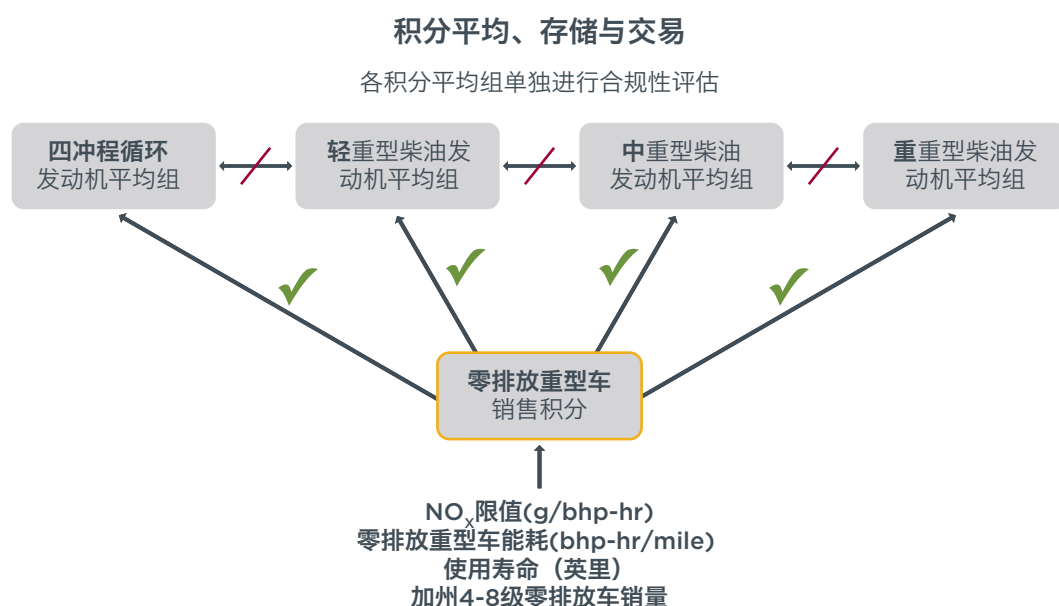


图5.加州积分平均、存储与交易计划中关于零排放重型车积分及各积分平均组合规性要求

这些规定使得制造商可以选择在2027年积分失效之前尽可能多制造零排放重型车,而不是通过改进其他发动机系族来满足更为严格的认证标准。⁶⁹在计算零排放重型车销售产生的NO_x积分时,该法规考虑了适用于内燃机的排放限值、相应车型中典型车辆的能耗和使用寿命,以及零排放重型车的销量占比。

加州在将零排放重型车纳入污染物排放标准时设定了相应的限制。零排放重型车平均组内存储的积分定于2030年失效,因为加州监管机构认为,到2030年零排放重型车将达到成熟节点,不再需要这种激励机制来支持其推广。此外,零排放重型车不符合早期合规积分系数(Early Compliance Credit Multiplier)的资格要求。这些超额积分是专门为2022-2030年期间证实其发动机和动力传动系族满足适用排放标准的制造商提供的额外合规积分。对于在2022-2023年期间提前九年达到目标标准的发动机系族,其积分系数可高达2.5。

对中国政策制定的启示与建议

加州的综合法规表明,将零排放重型车纳入污染物排放标准是可行的。虽然法规的效果尚不得而知,但上文中提到的一些设计元素值得中国监管机构参考:

- » 将零排放重型车纳入污染物排放标准的前提是确保与现有的或计划中的零排放重型车销售要求和二氧化碳排放标准保持协调一致。协调的政策措施和一致的目标至关重要,只有这样才能确保将零排放重型车纳入污染物排放标准的同时而不会削减法规所预期的收益。有必要对通过销售零排放重型车获得的污染物排放积分的适用范围和有效期限进行限制。例如,加州对通过销售零排放重型车获得的NO_x积分制定了相应限制。

- » **将零排放重型车纳入污染物排放标准的同时，努力实现额外收益。**除了实施针对零排放重型车推广的额外政策措施（例如销售要求和技术强制性二氧化碳排放标准），将零排放重型车纳入污染物排放标准还应在平行法规的推动下追求额外的公众健康效益。例如，在市区运行的重型卡车和客车对公众健康的影响很大，但二氧化碳排放量的占比很低。因此，通过合适的方式将零排放重型车纳入污染物排放标准将有助于促进此类可能会被其他监管措施忽略的车型的电动化。
- » **零排放重型车在污染物排放标准中的积分额度需要采用积分制的车队平均法。**与二氧化碳排放标准讨论中的情况一样，车队平均污染物排放量为监管设计提供了极大的发挥空间，并使零排放重型车完全整合到污染物排放标准中。然而，车队平均法还需要行政和监督手段加持，以确保符合既定标准。

针对零排放重型车的其他政策激励措施

此外还可采取其他几项政策措施来推广零排放重型车。其中一项是车队要求，即规定新车销量中零排放重型车的最低占比。虽然车队要求一般适用于公交巴士、政府车辆和城市服务车队，但此类计划的规模和影响有限。但是，一些国家和地区开始制定针对卡车及其他公路货运车辆的车队采购要求。欧盟的《清洁汽车指令》针对成员国的公共车辆采购设定了“清洁重型车辆”的最低要求。⁷⁰

欧盟各成员国都设定了一个国家层面的总体目标，但可以选择在各类车型之间协调分配。罗马尼亚等国设定的目标是从2021年的6%提高到2030年的9%，而相对发达的德国和法国设定的目标是从2021年的10%提高到2030年的15%。该法规对“清洁车辆”的定义宽泛而笼统，对零排放重型车的市场占比也没有具体要求。⁷¹ 中国中央政府于2014年在全国范围内实施了一项强制指令，要求从2016年起政府机构和公共机构新车采购（包括环卫车和邮运车）中的新能源汽车占比至少达到30%。⁷² 此后很多城市都超额完成了这一目标，不过尚不清楚重型载货汽车在整体采购中的占比。

加州正在拟定的《先进清洁车队》规定预计将成为覆盖范围最广的车队要求，其要求加州大部分重型车应用领域均采购零排放车。CARB的这项新法规将差别对待不同类别重型车电动化的适用性和可行性，首先从最容易推广零排放车的应用领域和车型类别下手。例如，到2025年，货站卡车的零排放车占比要达到10%，到2031年达到50%，到2035年达到100%。相比之下，到2030年，带卧铺驾驶室牵引车车队的零排放车占比要达到10%，到2036年达到50%，到2042年达到100%。⁷³

从地方层面来讲，欧洲、中国和美国的很多城市和自治区已经实施、正在试点或已经制定了明确的低排放、近零排放和零排放区时间表，以规范车辆通行。只有符合环境性能标准的车辆才能自由出入这些区域。只有纯电动和燃料电池电动汽车才能进入零排放区。其他车辆要么被禁止进入该区域，要么必须支付通行费。

零排放配送区是零排放区的一个子类别，针对的目标是城市中的送货卡车。零排放区不对所有卡车“一刀切”，完全禁止卡车通行，而应考虑卡车的排放。至少允许中型零排放卡车进入城市区域，有利于推广零排放重型车。⁷⁴

表8汇总了已实施、已规划和已宣布的城市零排放配送区。

表8.全球城市零排放配送区汇总

国家/地区	现状	实施日期	机制	涉及的车型	涉及的区域	营运时间
荷兰鹿特丹 ⁷⁵	已实施	2015年1月	道路通行特权	重型卡车> 3.5吨	一条街	24/7
	已规划	2025年		轻型商用车和重型卡车	~ 22 km ²	
中国深圳 ⁷⁶	已实施	2018年7月	道路通行特权	轻型卡车 (<4.5吨)	22.33 km ²	24/7
美国圣莫尼卡 ⁷⁷	试点	2021年2月 (11个月试点期)	自愿性计划	轻型和中型汽车	~ 2.5 km ²	未规定
荷兰30-40个城市 ⁷⁸	已规划	2025年	未规定	轻型商用车和重型卡车	未规定	未规定
中国佛山 ⁷⁹	已宣布	未规定	道路通行特权	运货车	未规定	每日上午6点至晚上10点

建立零排放配送区将刺激轻型和中型零排放重型车的市场需求。允许小型零排放货车和卡车进入这些区域将促使在城市运营的物流公司采购零排放卡车。此外,这也是将当前的低排放区升级为零排放区的一个机会,巴黎和阿姆斯特丹已计划在2030年升级为零排放区。⁸⁰

对中国政策制定的启示与建议

中国在将车队要求和零排放区作为政策工具方面积累了一定的经验。中国的车队采购要求可以追溯到2014年发布的《政府机关及公共机构购买新能源汽车实施方案》、2015年发布的具有里程碑意义的《新能源公交车推广应用政策》、2018-2020年实施的《清洁柴油机行动计划》要求全国重点污染城市全面普及新能源城市公交车,以及最近发布的《绿色出行创建行动方案》中规定城市公交车新车采购中新能源汽车占比至少达到80%。⁸¹ 深圳也是世界上少数几个设置零排放配送区的城市之一。在这里,我们建议将车队要求扩展到更多重型车应用领域,并将零排放区扩展到范围更广的地理区域:

- » 过去十年间针对公共交通和公交车队实施的要求使公共车队和公交运营商成为中国推广新能源汽车的先驱。未来的法规可以专门针对其他类型的零排放重型车制定类似的车队要求。拖运卡车、垃圾车及其他按照预定路线行驶的专用重型车是满足此类车队要求的理想选择。
- » 不考虑车辆的环境性能或排放性能,一些中国城市中心地带仍然完全禁止中重型卡车通行。建立更多的零排放配送区,允许一部分符合要求的中型卡车和货车通行,为运营城市货运和物流业务的车队提供经济和行政激励措施。

结论及政策建议

在中国和世界各地大规模推广零排放重型车面临以下几大挑战: 零排放重型车可选车型不多; 相对于内燃机重型车而言总成本更高, 尤其是前期成本; 消费需求不足; 缺乏充电和加氢基础设施。在本文中, 我们分析了一系列政策工具以解决零排放重型车推广面临的诸多问题。表9汇总了目前面临的挑战以及可采取的政策工具。

表9.克服零排放重型车推广障碍的政策工具

	政策	政策影响					
		确保零排放重型车的制造商和供应链投资	增加车型选择	降低拥有总成本	提高零排放重型车的使用便利性	降低对内燃机卡车的需求	创造零排放车的使用需求
生产/销售阶段	零排放重型车的长期愿景/目标	x					
	零排放重型车的销量要求	x	x				
	严格的温室气体/二氧化碳/燃料效率标准和零排放规定	x	x				
	将零排放重型车纳入污染物排放标准	x	x				
	零排放重型车购置补贴			x			x
	车队的零排放重型车采购要求						x
运营阶段	针对零排放重型车运营的道路通行费补贴			x			
	针对零排放重型车的基础设施激励措施与计划			x	x		x
	低排放或零排放配送区					x	x

首先，明确零排放重型车普及的长期目标为制定和实施其他配套政策措施指明总体方向，并为汽车行业后续的产品研发与规划确定发展路径。

下一步是将高层政治目标转化为制造商可实施且可实现的具体汽车法规。加州的《先进清洁卡车法规》是全球第一个在具体政策条款中规定销售要求和时间表的法规。法规采用的积分赤字法为积分合规提供了灵活性选择，基于排放足迹区分不同车型类别，而非将任何单一的零排放重型车技术途径或应用领域定义为优先发展方向。其他市场的监管机构需要实现可行性与销售要求目标之间的平衡，以便制定出目标远大但切合实际的政策。

针对重型车制定严格的二氧化碳和温室气体排放标准将有助于推动零排放重型车技术的进步，从而以更具成本效益的方式满足标准要求。污染物排放标准亦如此。正如加州所推行的政策措施，温室气体排放标准应当与现行的或计划中的零排放重型车销售要求相互协调。现行的几项重型车性能标准给予零排放重型车积分系数奖励。这些零排放重型车积分不应以牺牲技术强制性标准带来的能源或环境效益为代价。积分还应反映不同的货运活动和温室气体减排量，而不是采取“一刀切”的计算方法。

购置补贴可以降低零排放重型车的资本成本。预计零排放重型车的价格将会下降，其中的关键举措是更有针对性地提供补贴，以支持仅靠市场力量无法与传统燃油车实现成本平价的零排放重型车，并逐步减少和取消对其他车型类别的补贴。推行奖惩机制，对高污染内燃机车辆和货运活动征税，可以提高财政补贴的效率和财政可持续性。

运营成本是零排放技术相对于内燃机技术的一大优势。通过能源价格补贴和道路通行费优惠等运营激励措施，可以帮助零排放重型车扩大领先优势并提高零排放重型车的拥有总成本优势。

虽然多个国家已经宣布了零排放基础设施投资计划，但鲜有满足零排放重型车特定需求的政策和规定（包括大规模推广零排放重型车所需的高功率充电和加氢基础设施）。为实现大规模推广，基础设施支持政策的制定需要与车辆政策同步进行。

最后，其他重要的政策工具还包括车队采购要求，目前加州、中国和哥伦比亚等市场已针对公交巴士实施车队采购要求。车队要求从需求侧推动了零排放重型车的采用，与车辆法规和销售要求构成一个完整体系。零排放配送区给予零排放重型车特权待遇，以便其自由出入城市地区并可以促进物流车队更新换代。

在整合现有政策工具方面，加州可以说是零排放重型车法规的全球引领者，其制定出台的政策涵盖了销售目标、性能标准以及财政支持和运营激励措施。加州正在制定一项《先进清洁车队法规》，该法规将规定车队的零排放重型车采购要求，旨在从需求侧大力推动重型车的电动化。⁸²加州的经验告诉我们，无论采取何种政策措施，都需要服务于一个共同的目标。

另一个重要的经验教训是定期、及时地审查零排放重型车的目标和政策。零排放重型车市场仍处于早期发展阶段，可选车型不多，消费者需求不足。考虑到零排放重型车的相关不确定性，需要不断评估与调整目标和政策，以反映零排放重型车的整体供需变化。

随着中国推出新能源商用车政策、欧盟制定欧VII排放标准以及加州出台《先进清洁车队法规》，全球主要市场都迎来重要的政策窗口期，借此可引入实质性创新法规来加速零排放重型车的推广，并降低重型货运车辆的排放量。我们希望中国及其他国家的政策制定者多维度探索政策工具，以加快实现交通领域脱碳的宏伟目标。

参考资料

1. 中华人民共和国生态环境部(2020).《中国移动源环境管理年报》<https://www.mee.gov.cn/hjzl/sthjzk/ydyhjgl/202008/P020200811521365906550.pdf>
2. 中国政府(2020a).“2020年上半年全国机动车保有量达3.6亿辆”.http://www.gov.cn/xinwen/2020-07/18/content_5528056.htm
3. 国际清洁交通委员会(ICCT)和中国电动汽车百人会(EV100).“驱动绿色未来: 中国电动汽车发展回顾”(Washington, D.C.: International Council on Clean Transportation, January 2021).<https://theicct.org/publications/china-green-future-ev-jan2021>
4. Wappelhorst, Sandra. “The End of the Road? An Overview of Combustion-Engine Car Phase-out Announcements across Europe.” Washington, D.C.: International Council on Clean Transportation, May 10, 2020. <https://theicct.org/publications/combustion-engine-car-phase-out-EU>
5. Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie. “Mobilitätsmasterplan 2030 Für Österreich.” Austria, July 2021. <https://www.bmk.gv.at/themen/mobilitaet/mobilitaetsmasterplan/mmp2030.html>
6. Ministry of Trade, Industry and Energy. “Hydrogen Economy Roadmap of Korea.” Accessed June 29, 2021. https://docs.wixstatic.com/ugd/45185a_fc2f37727595437590891a3c7ca0d025.pdf
7. Government of the Netherlands (2019). “Climate Agreement.” The Hague. <https://www.government.nl/binaries/government/documents/reports/2019/06/28/climate-agreement/Climate+Agreement.pdf>
8. Norwegian Ministry of Transport and Communications. “National Transport Plan 2018-2029.” (2017). <https://www.regjeringen.no/contentassets/7c52fd2938ca42209e4286fe86b28bd/en-gb/pdfs/stm201620170033000engpdfs.pdf>
9. Uddin, Moaz. “Pakistan’s National Electric Vehicle Policy: Charging towards the Future.” International Council on Clean Transportation (blog), January 10, 2020. <https://theicct.org/blog/staff/pakistan%E2%80%99s-national-electric-vehicle-policy-charging-towards-future>
10. Department for Transport. “Heavy Goods Vehicles: Ending the Sale of New Non-Zero Emission Models.” Open consultation. United Kingdom, July 14, 2021. <https://www.gov.uk/government/consultations/heavy-goods-vehicles-ending-the-sale-of-new-non-zero-emission-models>
11. State of California. “Governor Newsom Announces California Will Phase Out Gasoline-Powered Cars & Drastically Reduce Demand for Fossil Fuel in California’s Fight Against Climate Change.” California Office of Governor, September 23, 2020. <https://www.gov.ca.gov/2020/09/23/governor-newsom-announces-california-will-phase-out-gasoline-powered-cars-drastically-reduce-demand-for-fossil-fuel-in-californias-fight-against-climate-change/>
12. NESCAUM. “15 States and the District of Columbia Join Forces to Accelerate Bus and Truck Electrification, Sign Memorandum of Understanding – Pledge to Develop Action Plan to Eradicate Toxic Diesel Emissions by 2050,” (July 14, 2020). <https://www.nescaum.org/documents/multistate-truck-zev-governors-mou-20200714.pdf>
13. 海南省人民政府.《海南省清洁能源汽车发展规划》. <https://www.hainan.gov.cn/hainan/xnyzcwj/201907/cb9368c30a0f42e7a4cae7dad6651a09.shtml>
14. Shikha Rokadiya and Zifei Yang. “Overview of Global Zero-Emission Vehicle Mandate Programs” (Washington, D.C.: International Council on Clean Transportation, April 24, 2019). <https://theicct.org/publications/global-zero-emission-vehicle-mandate-program>
15. 加州空气资源委员会. “Advance Clean Trucks Regulation Final Regulation Order.” January 29, 2021. <https://www3.arb.ca.gov/regact/2019/act2019/fro2.pdf>
16. Cui, Hongyang. “China’s New Energy Vehicle Mandate Policy (Final Rule).” Washington, D.C.: International Council on Clean Transportation, January 11, 2018. <https://theicct.org/publications/china-nev-mandate-final-policy-update-20180111>
17. Peter Mock. “Europe’s Lost Decade: About the Importance of Interim Targets.” *ICCT Staff Blog* (blog), May 9, 2021. <https://theicct.org/blog/staff/interim-targets-europe-may2021>
18. European Automobile Manufacturers’ Association and Potsdam Institute for Climate Impact Research. “The Transition to Zero-Emission Road Freight Transport.” December 15, 2020. <https://www.acea.auto/files/acea-pik-joint-statement-the-transition-to-zero-emission-road-freight-trans.pdf>
19. Ben Sharpe et al. “United States Efficiency and Greenhouse Gas Emission Regulations for Model Year 2018-2027 Heavy-Duty Vehicles, Engines, and Trailers” (International Council on Clean Transportation, August 25, 2016). <http://www.theicct.org/US-phase2-HDV-efficiency-GHG-regulations-FRM>
20. Benjamin Sharpe. “Final Second-Phase Greenhouse Gas Emissions Standards for Heavy-Duty Engines and Vehicles in Canada.” (Washington, D.C.: International Council on Clean Transportation, September 21, 2018), <https://theicct.org/publications/second-ghg-standards-hdv-Canada>

21. Felipe Rodríguez. "CO2 Standards for Heavy-Duty Vehicles in the European Union" (Washington, D.C.: International Council on Clean Transportation, April 16, 2019). <https://theicct.org/publications/co2-stds-hdv-eu-20190416>
22. Oscar Delgado. "Stage 3 China Fuel Consumption Standard for Commercial Heavy-Duty Vehicles" (Washington, D.C.: International Council on Clean Transportation, July 8, 2016). <https://theicct.org/publications/stage-3-china-fuel-consumption-standard-commercial-heavy-duty-vehicles>
23. Benjamin Sharpe. "Second-Phase Fuel Economy Standards for on-Road Heavy-Duty Vehicles in Japan." (Washington, D.C.: International Council on Clean Transportation, January 28, 2019). <https://theicct.org/publications/second-phase-fuel-economy-standards-road-heavy-duty-vehicles-japan>
24. Mehul Garg and Benjamin Sharpe. "Fuel Consumption Standards for Heavy-Duty Vehicles in India." (Washington, D.C.: International Council on Clean Transportation, December 7, 2017). <https://theicct.org/publications/fuel-consumption-stds-hdvs-india-update-201712>
25. 美国环保署和美国交通部. "Final Rule: Greenhouse Gas Emissions and Fuel Efficiency Standards for Medium- and Heavy-Duty Engines and Vehicles-Phase 2." Federal Register / Vol. 81, No. 206. October 25, 2016. <https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/FR-2016-10-25/pdf/2016-21203.pdf>
26. 欧盟委员会. "Regulation (EU) 2019/1242 of the European Parliament and of the Council of 20 June 2019 Setting CO2 Emission Performance Standards for New Heavy-Duty Vehicles and Amending Regulations (EC) No 595/2009 and (EU) 2018/956 of the European Parliament and of the Council and Council Directive 96/53/EC." *Official Journal of the European Union* L 198 (July 25, 2019). <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2019/1242/oj#d1e1921-202-1>
27. (欧盟委员会, 2019.)
28. 加州空气资源委员会. "Implementation Manual for the Hybrid and Zero-Emission Truck and Bus Voucher Incentive Project (HVIP)." June 4, 2020. <https://californiahvip.org/wp-content/uploads/2020/09/HVIP-FY2019-20-Implementation-Manual-1.pdf>
29. 加州环境协会(CEA)和加州空气资源委员会. "The Carl Moyer Program Guidelines 2017 Revision." April 27, 2017. https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2020-06/2017_cmpgl.pdf
30. 加州空气资源委员会. "Zero-Emission Class 8 Freight and Port Drayage Trucks Category." California VW Mitigation Trust. Accessed February 27, 2021. <https://xappprod.aqmd.gov/vw/zero-emission.html> 财政部(2020a). 关于进一步完善新能源汽车推广应用财政补贴政策的通知. http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-12/31/content_5575906.htm
31. 财政部(2020b). "关于开展燃料电池汽车示范应用的通知". http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-10/22/content_5553246.htm
32. Ministère de la Transition écologique. "Décret N° 2021-37 Du 19 Janvier 2021 Relatif Aux Aides à l'acquisition Ou à La Location de Véhicules Peu Polluants." 2021-37 § (2021). <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000043014941>
33. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. "Richtlinie Über Die Förderung von Leichten Und Schweren Nutzfahrzeugen Mit Alternativen, Klimaschonenden Antrieben Und Dazugehöriger Tank- Und Ladeinfrastruktur Für Elektrisch Betriebene Nutzfahrzeuge (Reine Batterieelektrofahrzeuge, von Außen Aufladbare Hybridelektrofahrzeuge Und Brennstoffzellenfahrzeuge)." Federal Republic of Germany, August 2, 2021. <https://www.bag.bund.de/DE/Foerderprogramme/KlimaschutzundMobilitaet/KSNI/KSNI.html>
35. Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti. "Decreto Ministeriale 203." Pub. L. No. 203 (2020). <https://www.mit.gov.it/sites/default/files/media/documentazione/2020-07/DM%20203%20-%202020.pdf>
36. IDAE.es. "MOVES II PLAN: Impulso a la movilidad sostenible." 2020. <https://www.idae.es/ayudas-y-financiacion/para-movilidad-y-vehiculos/plan-moves-ii>
37. 英国政府. "Low-Emission Vehicles Eligible for a Plug-in Grant." GOV.UK, 2020. <https://www.gov.uk/plug-in-car-van-grants>
38. Hongyang Cui and Hui He. "China Announced 2020-2022 Subsidies for New Energy Vehicles" (Washington, D.C.: International Council on Clean Transportation, July 13, 2020). <https://theicct.org/publications/china-2020-22-subsidies-new-energy-vehicles-jul2020>
39. Jin, Lingzhi, Hui He, Hongyang Cui, Nic Lutsey, Chuqi Wu, Yidan Chu, Jin Zhu, Ying Xiong, and Xi Liu. "驱动绿色未来: 中国电动汽车发展回顾及未来展望" Washington, D.C.: International Council on Clean Transportation, January 14, 2021. <https://theicct.org/publications/china-green-future-ev-jan2021>
40. 加州空气资源委员会. "Implementation Manual for the Hybrid and Zero-Emission Truck and Bus Voucher Incentive Project (HVIP)." June 4, 2020. <https://californiahvip.org/wp-content/uploads/2020/09/HVIP-FY2019-20-Implementation-Manual-1.pdf>
41. 加州空气资源委员会. "Low Carbon Fuel Standard." 17 CCR § 95480-95503 (2020). <https://ww2.arb.ca.gov/our-work/programs/low-carbon-fuel-standard>
42. *Ibid.*

43. 加州空气资源委员会. “Advanced Clean Trucks Total Cost of Ownership Discussion Document Preliminary Draft for Comment.” February 22, 2019. <https://ww3.arb.ca.gov/regact/2019/act2019/apph.pdf>
44. *Ibid.*
45. European Parliament Think Tank. “Revision of the Eurovignette Directive.” accessed May 11, 2021. [https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document.html?reference=EPRS_BRI\(2017\)614625](https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document.html?reference=EPRS_BRI(2017)614625)
46. ASFINAG. Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft. “GO Maut.” 2020. <https://www.asfinag.at/maut-vignette/maut-fuer-lkw-und-bus/>
47. Kurier. “Regierung senkt Maut für emissionsfreie Lkw.” February 24, 2021. <https://kurier.at/wirtschaft/regierung-senkt-maut-fuer-emissionsfreie-lkw/401198941>
48. BGL. “Modellrechnungen Zur Kostenentwicklung Im Güterkraftverkehr” (Bundesverband Güterkraftverkehr Logistik und Entsorgung. (BGL) e.V., 2018). https://www.bgl-ev.de/web/der_bgl/informationen/branchenkostenentwicklung.htm?v=2#form
49. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. “Lkw-Maut.” 2021. <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/StV/Strassenverkehr/lkw-maut.html>
50. Eidgenössische Zollverwaltung EZV. “LSVA - Allgemeines / Tarife.” 2021. <https://www.ezv.admin.ch/ezv/de/home/information-firmen/transport--reisedokument--strassenabgaben/schwerverkehrsabgaben--lsva-und-psva--lsva---allgemeines---tarife.html>
51. Bain & Company, and G7. 中国公路货运市场研究报告. 2017. <https://www.bain.cn/pdfs/201709180300293802.pdf>
52. 加州空气资源委员会. “LCFS Basics.” September 2020. <https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2020-09/basics-notes.pdf>
53. Patrick Brecht. “2020–2023 Investment Plan Update for the Clean Transportation Program.” Revised Lead Commissioner Report. California Energy Commission, September 2020. <https://efiling.energy.ca.gov/getdocument.aspx?tn=235226>
54. 加州公用事业委员会. “CPUC Approval of Utility Projects Keeps California at Forefront of Transportation Electrification.” California Public Utilities Commission, May 31, 2018. <https://docs.cpuc.ca.gov/PublishedDocs/Published/G000/M215/K467/215467739.PDF>
55. 加州公用事业委员会. “Zero Emission Vehicle (ZEV) Rate Programs.” Accessed March 7, 2021. <https://www.cpuc.ca.gov/General.aspx?id=12184>
56. 中华人民共和国科学技术部. (2016). “关于“十三五”新能源汽车充电基础设施奖励政策及加强新能源汽车推广应用的通知”. http://www.most.gov.cn/tztg/201601/t20160120_123772.htm
57. 人民网. ““以奖代补” 财政部支持地方开展充电基础设施建设”, (November 3, 2020). <http://auto.people.com.cn/n1/2020/1103/c1005-31917589.html>
58. 欧盟委员会. “Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on the Deployment of Alternative Fuels Infrastructure, and Repealing Directive 2014/94/EU of the European Parliament and of the Council,” July 14, 2021. https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/revision_of_the_directive_on_deployment_of_the_alternative_fuels_infrastructure_with_annex_0.pdf
59. ADVENIR. (2021). “Nouvelle prime pour les flottes poids lourds. [New premium for heavy vehicle fleets.]” Retrieved from <https://advenir.mobi/2021/05/03/nouvelle-prime-flottes-poids-lourds/>
60. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. (n.d.) “Masterplan Ladeinfrastruktur Der Bundesregierung: Ziele Und Maßnahmen Für Den Ladeinfrastrukturaufbau Bis 2030. [Federal Government’s Charging Infrastructure Master Plan: Targets and measures for the development of charging infrastructure by 2030].” Retrieved from https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/masterplan-ladeinfrastruktur.pdf?__blob=publicationFile
61. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. “Richtlinie Über Die Förderung von Leichten Und Schweren Nutzfahrzeugen Mit Alternativen, Klimaschonenden Antrieben Und Dazugehöriger Tank- Und Ladeinfrastruktur Für Elektrisch Betriebene Nutzfahrzeuge (Reine Batterieelektrofahrzeuge, von Außen Aufladbare Hybridelektrofahrzeuge Und Brennstoffzellenfahrzeuge).” Federal Republic of Germany, August 2, 2021. <https://www.bag.bund.de/DE/Foerderprogramme/KlimaschutzundMobilitaet/KSNI/KSNI.html>
62. Ministry of Energy, Poland. (2019) “Poland’s National Policy Framework for the development of alternative fuels infrastructure [Sprawozdanie z realizacji Krajowych ram polityki rozwoju infrastruktury paliw Alternatywnych].” Retrieved from <https://www.gov.pl/web/aktywa-panstwowe/zapraszamy-do-konsultacji-projektu-sprawozdania-z-realizacji-krajowych-ram-polityki-rozwoju-infrastruktury-paliw-alternatywnych>
63. Ministry of Environment. (2021). “2021년 수소연료전지차 수소연료전지차 보급 및 수소충전소 설치사업 보조금 업무처리지침 [“2021 hydrogen fuel cell vehicle hydrogen fuel cell vehicle supply and hydrogen charging station installation project Guidelines for handling subsidies]. Retrieved from <https://www.ev.or.kr/portal/board/14/8405/?>
64. IDAE.es. (2020)

65. Infrastructure and Projects Authority, and HM Treasury. (2018). "Charging Infrastructure Investment Fund: Request for Proposals". Retrieved from https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/727576/CIIF_RFP.pdf
66. Rodríguez, Felipe, Julia Hildermeier, and Andreas Jahn. "Electrifying EU City Logistics: An Analysis of Energy Demand and Charging Cost." Washington, D.C.: International Council on Clean Transportation, November 18, 2020. <https://theicct.org/publications/optimizing-charging-logistics-nov2020>
67. 加州空气资源委员会. "Public Hearing to Consider the Proposed Heavy-Duty Engine and Vehicle Omnibus Regulation and Associated Amendments: Proposed Amendments to the Exhaust Emissions Standards and Test Procedures for 2024 and Subsequent Model Year Heavy-Duty Engines and Vehicles, Heavy-Duty On-Board Diagnostic System Requirements, Heavy-Duty In-Use Testing Program, Emissions Warranty Period and Useful Life Requirements, Emissions Warranty Information and Reporting Requirements, and Corrective Action Procedures, In-Use Emissions Data Reporting Requirements, and Phase 2 Heavy-Duty Greenhouse Gas Regulations, and Powertrain Test Procedures. Staff Report: Initial Statement of Reasons." Sacramento, California, June 23, 2020. <https://ww3.arb.ca.gov/regact/2020/hdomnibuslownox/isor.pdf>
68. *Ibid.*, pg. III-76
69. 加州空气资源委员会. "Proposed Amendments to the Exhaust Emissions Standards and Test Procedures for 2024 and Subsequent Model Year Heavy-Duty Engines and Vehicles, Heavy-Duty On-Board Diagnostic System Requirements, Heavy-Duty In-Use Testing Program, Emissions Warranty Period and Useful Life Requirements, Emissions Warranty Information and Reporting Requirements, and Corrective Action Procedures, In-Use Emissions Data Reporting Requirements, and Phase 2 Heavy-Duty Greenhouse Gas Regulations, and Powertrain Test Procedures," August 27, 2020. <https://ww3.arb.ca.gov/regact/2020/hdomnibuslownox/res20-23atta.pdf>
70. 欧盟委员会. "《清洁汽车指令》." Clean Transport, Urban Transport - Mobility and Transport - European Commission, October 30, 2019. https://ec.europa.eu/transport/themes/urban/clean-vehicles-directive_en
71. The definition of "clean" HDV trucks here include vehicle categories N2 and N3 that use hydrogen, battery-electric (including plug-in hybrids), natural gas (both CNG and LNG, including biomethane), liquid biofuels, synthetic and paraffinic fuels, and liquefied petrol gas (LPG).
72. 国家机关事务管理局. (2014). 政府机关及公共机构购买新能源汽车实施方案. Retrieved from http://www.gov.cn/xinwen/2014-07/13/content_2716565.htm
73. 加州空气资源委员会. "Advanced Clean Fleets Regulation Workshop." March 2, 2021. https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2021-02/210302acfpres_ADA.pdf
74. Paris City Hall. "Zone à Faibles Emissions [Low Emission Zone]." <https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/zone-a-faibles-emissions-zfe/#:text=La%20Ville%20de%20Paris%20a,qualit%C3%A9%20de%20l'air>
75. City of Rotterdam. "Vrachtautoverbod 's-Gravendijkwal [Truck ban in 's-Gravendijkwal]." <https://www.rotterdam.nl/werken-leren/sgravendijkwal/>
76. 深圳市公安局. "关于继续设置绿色物流区禁止轻型柴油货车通行的通告." http://ga.sz.gov.cn/gkmlpt/content/8/8394/post_8394656.html#808
77. Los Angeles Cleantech Incubator. "Santa Monica Zero Emissions Delivery Zone Pilot". <https://lincubator.org/zedz/>
78. "Climate Agreement." The Government of the Netherlands, June 28, 2019. <https://www.government.nl/documents/reports/2019/06/28/climate-agreement>
79. 佛山交通局. "佛山市城市绿色货运配送办法 (征求意见稿)" <http://www.foshan.gov.cn/hdjlpt/yjzj/answer/9083>
80. Paris City Hall. "Zone à Faibles Emissions [Low Emission Zone]." <https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/zone-a-faibles-emissions-zfe/#:text=La%20Ville%20de%20Paris%20a,qualit%C3%A9%20de%20l'air>
81. 交通运输部(2015). 交通运输部关于加快推进新能源汽车在交通运输行业推广应用的实施意见. Retrieved from http://www.gov.cn/gongbao/content/2015/content_2883248.htm.
He, Hui (2019). China's Clean Diesel Action Plan: 2018-2020. Retrieved from the International Council on Clean Transportation. https://theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_China_Clean_Diesel_2018_2020_20190529.pdf
- 交通运输部和国家发展改革委(2020). 交通运输部和国家发展改革委关于印发《绿色出行创建行动方案》的通知. Retrieved from http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-07/26/content_5530095.htm
82. 加州空气资源委员会. "先进清洁车队法规研讨会." 2021年3月2日. https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2021-02/210302acfpres_ADA.pdf