

加州《先进清洁卡车法规》 解读与启示



能源与交通创新中心

2020年10月



致 谢

感谢能源基金会为本报告提供资金支持，也感谢为本报告提出宝贵意见的所有业内专家与同事。

报告作者

秦兰芝、安锋

报告声明

本报告由能源基金会资助，报告内容不代表资助方及支持方观点。本报告所有结果仅供研究参考，不承担任何法律责任。

能源与交通创新中心 (iCET)

Innovation Center for Energy and Transportation

北京市朝阳区东三环中路7号财富公寓A座27H室

邮编: 100020

电话: 0086 10 65857324

传真: 0086 10 65857394

邮件: info@icet.org.cn

网址: www.icet.org.cn

目录

名词说明	1
摘要	2
一、加州《先进清洁卡车法规》出台背景	3
1.1 出台背景	3
1.2 出台过程	4
二、加州《先进清洁卡车法规》核心内容	5
2.1 法规概述	5
2.2 积分产生	5
2.3 积分合规义务	7
2.4 积分存储及结转	8
2.5 积分合规	8
2.6 下一步计划	10
三、加州《先进清洁卡车法规》经济环境影响评估	11
3.1 经济影响	11
3.2 环境效益	13
3.3 小结	16
四、加州与中国商用车市场对比	17
4.1 商用车分类对比	17
4.2 商用车市场对比	17
4.3 商用车管理标准对比	18
五、《先进清洁卡车法规》对中国商用车电动化的启示	20
5.1 加州的经验与启示	20
5.2 加州经验的中国引荐—开展中国商用车零排放管理试点	22
六、中国商用车电动化的关键问题探讨	24
6.1 政策体系完备性	25
6.2 商用车电动化路线图设计	26
6.3 电动商用车型可及性	27
6.4 商用车电动化经济成本	28
6.5 配套设施建设	29
6.6 地域协同	30

名词说明

ACT	Advanced Clean Trucks, 先进清洁卡车
BAU	Business As Usual, 基准情景
CAFE	Corporate Average Fuel Efficiency, 企业平均燃料经济性
CARB	California Air Resource Board, 加州空气资源委员会
EMFAC	(The) Emission FACTors (Model), 排放因子模型
GDP	Gross Domestic Product, 国内生产总值
GVW	Gross Vehicle Weight, 最大设计总质量
GVWR	Gross Vehicle Weight Rating, 车辆总重额定值, 通常被称为最大允许总质量
LCFS	Low Carbon Fuel Standard, 低碳燃料标准
NZEV	Near-zero-emission Vehicle, 近零排放汽车
TTW	Tank To Wheel, 油箱到车轮
ZEV	Zero Emission Vehicle, 零排放汽车
ZEP	Zero-Emission Powertrain, 零排放动力系统

摘要

商用车是道路交通领域主要的温室气体排放源和汽车尾气污染物排放源，加剧温室效应的同时，也对车队聚集区的居民健康造成很大影响。为缓解这一问题，美国加州经过近四年的调查和研究，于2020年6月发布了《先进清洁卡车法规》，这是全球首个强制性的零排放卡车法规，要求在加州销售的Class 2b-8组别的柴油卡车从2024年起需满足一定比例的零排放车辆销售比例，至2045年所有在加州销售的卡车新车将全部转型为零排放汽车。这一法规的出台将显著加速全球卡车市场向电动化、零排放方向转型，具有深远历史意义。

尽管在《先进清洁卡车法规》出台之前，中国的一些研究机构就已经着手研究和建议适用于中国基本国情的商用车电动化方案，如新能源商用车路线图积分政策，但加州法规的出台显然将加速此类政策的制定和发布，并对政策的设计形成一定的参考。在《先进清洁卡车法规》出台之前，加州已经在轻型车领域的零排放汽车（ZEV）积分机制实施过程中积累了丰富经验，这也将为《先进清洁卡车法规》的实施提供借鉴。加州《先进清洁卡车法规》的制定过程及过往类似法规的实施经验，对中国商用车电动化相关法规及政策的实施也有一些启示，其中包括：需形成坚实的法规约束、进行详尽而充分的市场和社会调研、充分评估经济与环境效益、设计较为完善的法规体系和及时地公开政策进展和披露实施数据。

结合现阶段中国新能源商用车发展现状，本文对中国商用车电动化进程的关键问题进行了探讨，并提出政策建议。在推动商用车电动化的过程中，相关部门应对电动化政策的设计基础、设计目标、市场反馈、基础设施建设、经济成本要素及环境影响进行反复研讨与评估，确保商用车电动化的稳步推进。

一、加州《先进清洁卡车法规》出台背景

1.1 出台背景

全球一体化和城镇化的不断推进加速了交通行业的发展，过去十年间全球交通行业温室气体排放年均增长率达到 1.6%，道路交通，包括轿车、卡车、客车以及两轮和三轮车，则贡献了交通行业温室气体排放量的近 3/4¹。为应对全球气候变化，减少温室气体排放并促进早日达峰，目前全球主要汽车市场都在积极推动交通领域电动化进程。IEA 数据显示，交通行业电动化发展、更多使用生物燃油以及能效提升，致使 2018 年度全球交通行业温室气体排放同比增长降低至 0.6%¹。

道路移动源和相应的化石燃料使用是臭氧污染形成、温室气体排放和 PM2.5 排放的重要来源。在加州，它们对氮氧化物排放的贡献率接近 80%，对包含燃料生产环节的温室气体排放贡献率达到 50%，同时还排放了超过 95%的颗粒物。卡车整体保有量虽然不及乘用车，但平均能耗高、行驶里程长，对道路交通温室气体排放的贡献也十分可观。另外，卡车尾气污染物排放的集中区域往往是低收入人群的主要聚集和生活区，继续驾驶传统卡车将对这类人群的健康造成严重损害，因此加州面临着巨大的环境改善和提升公众健康的压力。

另一方面，加州面临着巨大的温室气体减排和缓解气候变化的压力。气候变化总体目标包括：1) 联邦环境空气质量标准；2) 在 1990 年基础上，到 2030 年使温室气体减排达到 40%；3) 到 2050 年使温室气体减排达到 80%；4) 到 2030 年使石油使用量下降 50%。要达到这些目标，加州需在各个领域进行低碳改革，其中交通领域作为主要的温室气体排放源和化石燃料使用者，将承担更大责任。

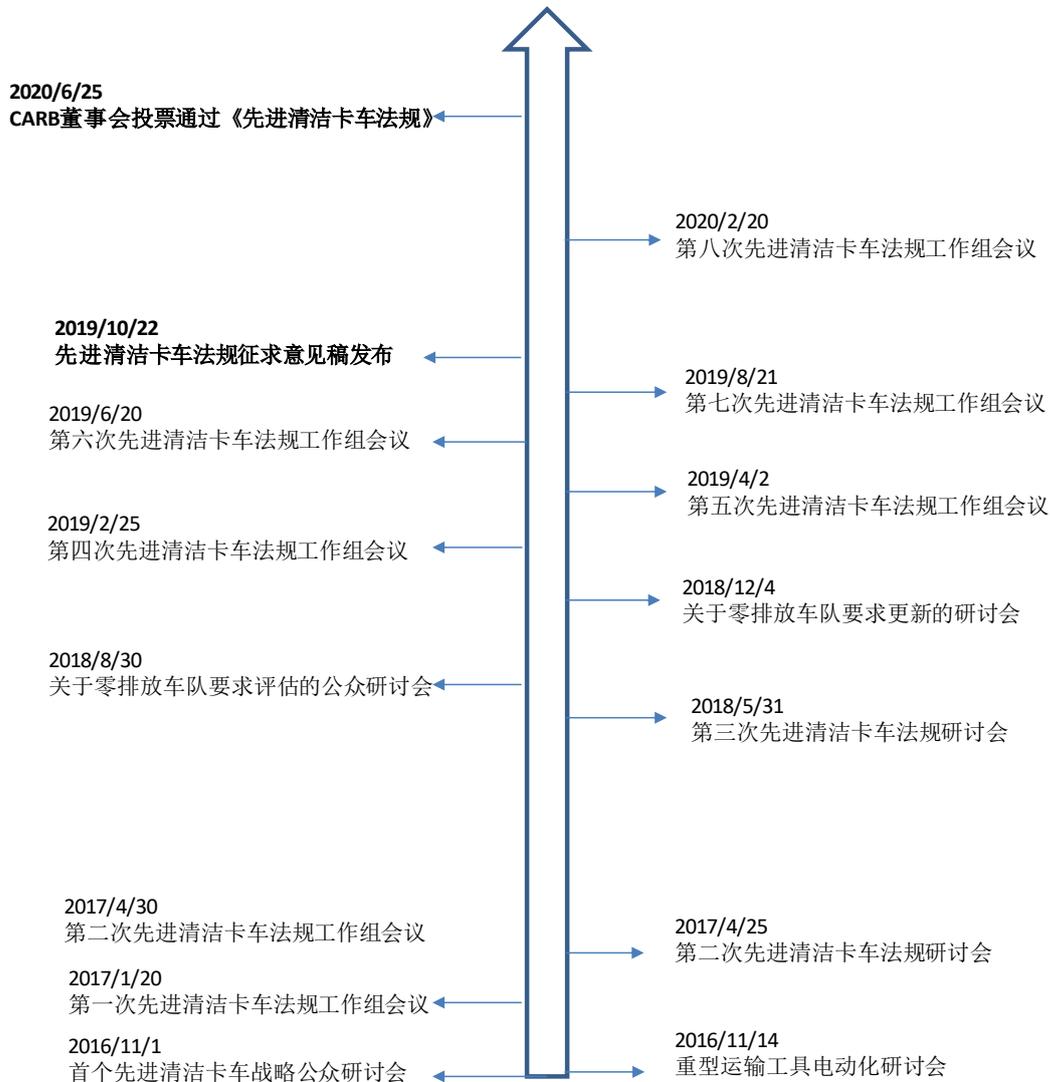
在轻型车领域，加州于 1990 年代率先实施零排放汽车（ZEV）积分交易机制，要求汽车制造厂商每年需售出一定比例的零排放或近零排放汽车。ZEV 政策的实施极大地推动了加州地区零排放汽车的销售，尤其是 2010 年以来，纯电动汽车的销量由几百辆增加至接近 10 万辆，2019 年加州 BEV 新车销量占乘用车市场份额的 5.3%，BEV 和 PHEV 合计占乘用车市场份额的 7.7%。全美范围内，加州 BEV 和 PHEV 销量一直占到全美总销量的 40-50%左右。

在此背景下，推动卡车清洁化和电动化显得尤为重要。为此，加州空气资源委员会（CARB）自 2016 年起着手研究制定适用于卡车领域的零排放汽车法规。

¹ IEA (2019), Tracking Transport, IEA, Paris, <https://www.iea.org/reports/tracking-transport-2019>

1.2 出台过程

2016年11月初，针对加速地方卡车及货运接驳应用市场的先进清洁技术应用，CARB 举办了首个公众研讨会。同月，针对重型卡车车队电动化面临的障碍及解决方案再次举办公共会议。接下来的三年中，CARB 就《先进清洁卡车法规》举办了七次公众研讨会，直至2019年10月，CARB 发布了首版《先进清洁卡车法规》(Advanced Clean Trucks (ACT) Regulation) (征求意见稿)，经过为期一个半月的公众意见征集期后，CARB 基于反馈意见对征求意见稿进行了修改。2020年4月，《先进清洁卡车法规》修正案(征求意见稿)发布，继续收集各方意见。美国当地时间2020年6月25日，CARB 董事会投票通过了该法规，这也是全球首个针对卡车的零排放汽车法规，具有历史意义。



资料来源：加州空气资源委员会网站，<https://ww2.arb.ca.gov/our-work/programs/advanced-clean-trucks/act-meetings-workshops>

图 1 《先进清洁卡车法规》制定出台过程

二、加州《先进清洁卡车法规》核心内容

2.1 法规概述

《先进清洁卡车法规》的主要设计思路与轻型汽车零排放汽车（ZEV）积分机制较为接近，即遵循“规定积分达标限额——出售或购买零排放汽车积分——通过市场机制合规”的路径，具体实施路径如下图所示。

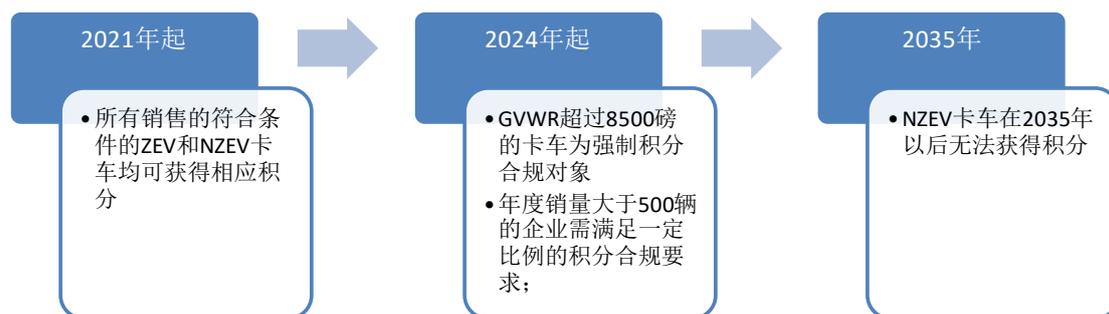


图 2 加州《先进清洁卡车法规》预计实施路径示意图

根据法规要求，在加州销售的 Class 2b-8 组别的柴油卡车，包括皮卡，从 2024 年起需满足一定比例的零排放车辆销售比例，至 2045 年，所有在加州销售的卡车新车将全部转型为零排放汽车。

2.2 积分产生

根据法规，有两类车辆可以获得积分，一类为 ZEV（零排放汽车），这类汽车在任何可能的驾驶模式和驾驶条件下均不会产生温室气体排放，也不会产生任何污染物及其前体物质；另一类为 NZEV（近零排放汽车），这类汽车包括插电式混合动力汽车和可通过传导或感应式充电源在车外对电池进行充电的混合动力汽车。

对 ZEV 车辆而言，不同组别的车辆可获得的 ZEV 积分如下图所示。从 2021 年起，Class 2b-3 组别的 ZEV 车辆可获得 0.8 个 ZEV 积分，Class 4-5，Class 6-7 和 Class 8 类非牵引车的 ZEV 可分别获得 1，1.5 和 2 个 ZEV 积分，Class 7-8 类牵引车的 ZEV 可获得的 ZEV 积分最多，为 2.5 分。



图 3 不同组别的 ZEV 卡车可获得的积分

NZEV 积分由该车辆的纯电续航里程和车辆所处的组别决定。其中，NZEV 的纯电续航里程需满足表 1 的要求。

表 1 NZEV 纯电续航里程要求

车型年份	纯电续航里程（英里）	
	慢充 ¹	快充 ²
2021-2023	10+	10+
2024-2026	20+	15+
2027-2029	35+	20+
2030 及以后年份	75+	

注：

- 慢充是指使用额定交流电压不超过 240 伏，80 安培和 19.2 千瓦的 Level 1 和 Level 2 充电线路充电；
- 快充需满足：1) 在 30 分钟内从 15%电量充至 85%；2) 车辆纯电续航时间至少为充电时间的 8 倍。

数据来源：California greenhouse gas exhaust emission standards and test procedures for 2014 and subsequent model heavy-duty vehicles, 2019; and Proposed amendments to the proposed advanced clean trucks regulation, 2020.

对于 NZEV 车辆，根据其纯电续航里程计算 NZEV 调整因子，该因子为纯电续航里程的百分之一，且最高不超过 0.75。最终，NZEV 积分是该车辆的 NZEV 调整因子和图 2 所示的单车积分的乘积。其中，各组别 NZEV 可获得的积分上限分别为 0.6 分、0.75 分、1.125 分、1.5 分和 1.875 分。

例如，一辆 Class 3 组别的插电式混合动力汽车，其纯电续航里程为 60 英里，则对应的 NZEV 调整因子为： $60/100=0.6$ ，相应的 NZEV 积分为 $0.6*0.8=0.48$ 。

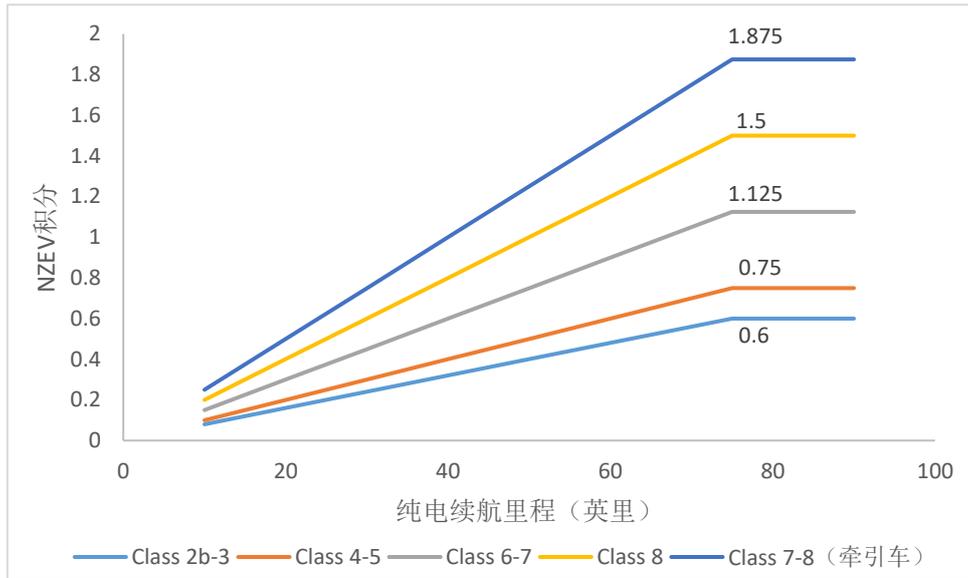


图 4 不同组别 NZEV 可获得的积分

2.3 积分合规义务

中、重型卡车的 ZEV 积分活动可通过“积分银行”来实现，其路径为“存储——兑换（退役）——清算”，对每个制造商而言，从 2021 年起，其所销售的符合条件的 ZEV 和 NZEV 车型都将能够获得相应的积分，并存储进“积分银行”，至后期有合规义务要求时，从每个制造商的“积分银行”里兑换（退役）掉当年所产生的积分合规义务（积分赤字），如存在剩余积分可继续存储。

车型积分合规义务（积分赤字抵偿）：从 2024 年起，GVWR 超过 8500 磅的 Class 2b 组别以上的车型将有一定的积分产生与合规要求，即产生“积分赤字”并将其逐步抵偿。积分赤字数值等于表 2 所列的 ZEV 销售比例与表 3 所列的各组别车型对应的车重系数之积。

表 2 各组别车型 ZEV 销售比例要求

车型年份	Class 2b-3	Class 4-8	Class 7-8 (牵引车)
2024	5%	9%	5%
2025	7%	11%	7%
2026	10%	13%	10%
2027	15%	20%	15%
2028	20%	30%	20%
2029	25%	40%	25%
2030	30%	50%	30%
2031	35%	55%	35%
2032	40%	60%	40%
2033	45%	65%	40%

2034	50%	70%	40%
2035 及以后	55%	75%	40%

表 3 各组别车型的车重系数

	2b-3 级	4-5 级	6-7 级	8 级	7-8 级 (牵引车)
系数	0.8	1	1.5	2	2.5

企业积分合规义务（积分赤字抵偿）：对企业而言，2024 年起车型销量在 500 辆以上的制造商将面临强制积分合规要求，即积分赤字必须抵偿。对每个组别而言，积分合规义务是该组别内所有车型积分合规义务的总和。

2.4 积分存储及结转

ZEV 和 NZEV 积分均可向后结转且积分无需打折，但有一定的有效期。具体分两种情形：



图 5 N(ZEV)积分存储及结转有效期限

2.5 积分合规

1) 合规确认

对企业而言，某一个车型年份产生的积分赤字从“积分银行”里退役掉等量的正积分，同时 Class 7-8 牵引车产生的积分赤字也已全部由 Class 7-8 牵引车产生（或购买）的 ZEV 或 NZEV 积分抵偿后，该企业便实现了当年积分的合规。

如果当年该企业的积分赤字没有完全抵偿，剩余部分可以在下一个车型年份进行抵偿，但只能使用 ZEV 积分进行抵偿。

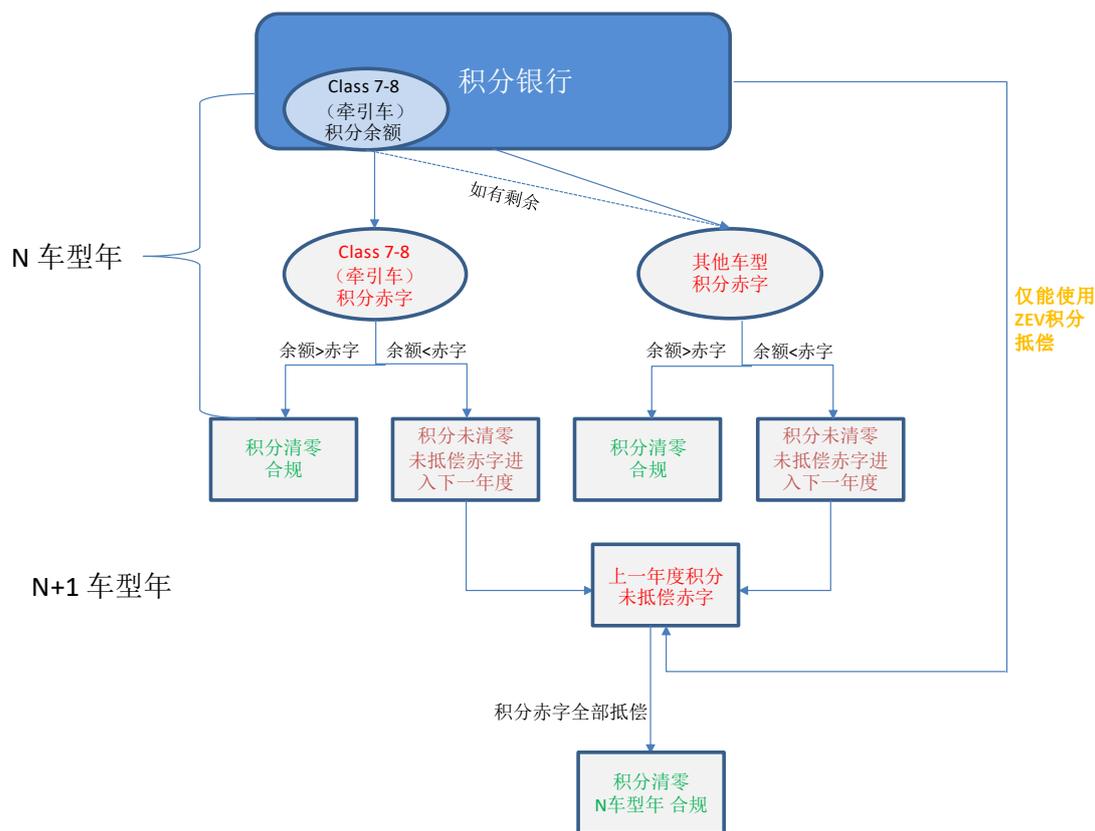


图 6 制造商 ZEV 积分合规判定

2) NZEV 积分使用上限

对于 Class 2b-8 车类（不含牵引车）产生的积分赤字，NZEV 积分最多可抵偿其中的 50%；对于 Class 7-8 牵引车产生的积分赤字，最多只能使用 Class 7-8 牵引车产生（或购买）的 NZEV 积分抵偿其中的 50%。

3) 牵引车积分赤字抵偿

Class 7-8 牵引车积分赤字只能由牵引车产生（或购买）的 ZEV 或 NZEV 积分进行抵偿，同时法规对低产量牵引车的企业设置了弹性达标机制（Low Tractor Volume Flexibility），具体为：如果一个企业在某个达标年份产生的 Class 7-8 牵引车积分赤字不多于 25 分，且在按照图 7 的积分使用优先级进行抵偿后仍有积分赤字，那么将允许其使用不超过 25 分的 Class 2b-3 或者 Class 4-8 组别产生的 ZEV 积分进行合规。

4) 积分使用优先级

- a) 在进行积分赤字抵偿时，必须按照过期先后的顺序使用 ZEV 或 NZEV 积分，即最先使用距离过期日期最近的 ZEV 或 NZEV 积分；
- b) 积分使用必须遵循以下积分类型和车类组别顺序：

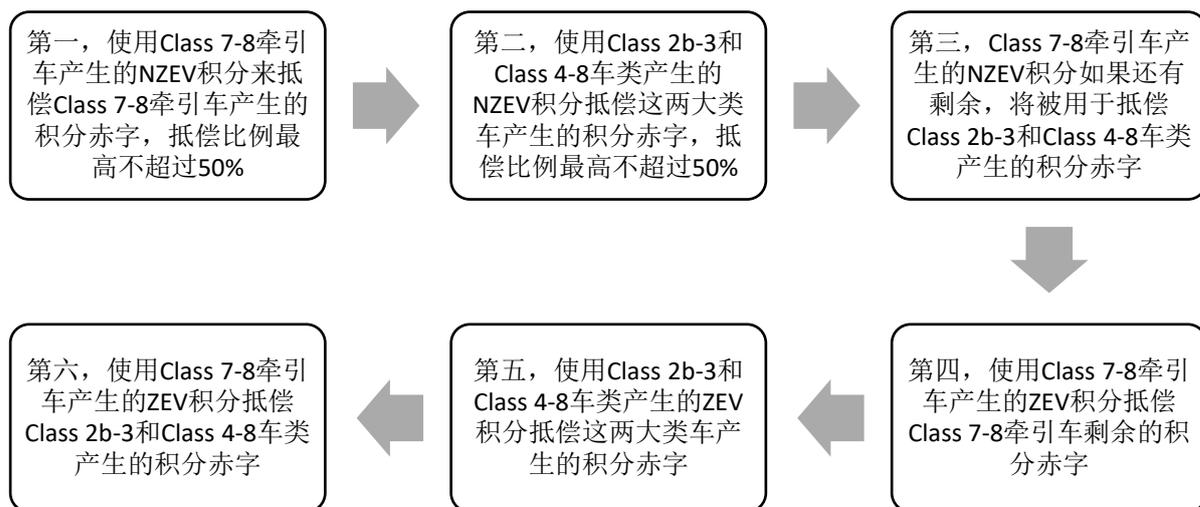
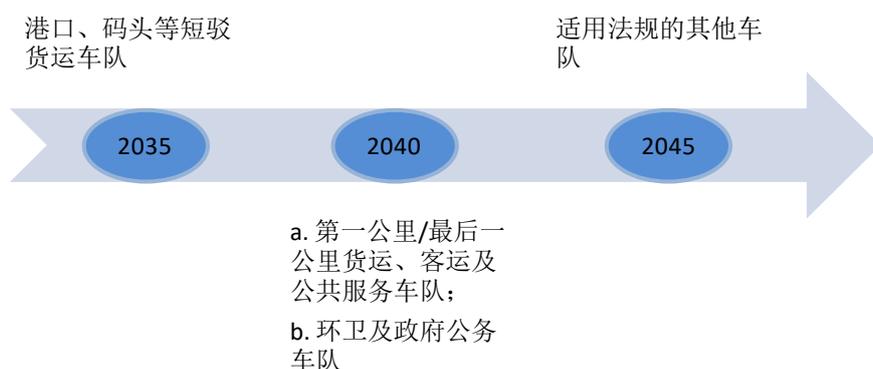


图 7 N(ZEV)积分使用优先级顺序

2.6 下一步计划

CARB 将在 2021-2022 年提交基于零排放卡车车队的法规建议，即按照不同使用场景的车队来购买和使用零排放汽车，提案预计也从 2024 年起执行。根据 CARB 的提议，预计在 2035 年实现港口、码头等短驳接运车队的零排放转型，2040 年实现第一公里/最后一公里货运、客运及公共服务车队，以及环卫和政府公务车队的零排放转型，至 2045 年实现法规框架内所有其他车队的零排放转型。



注：除港口、码头等短驳货运车队外，其他车队可考虑使用部分近零排放车辆。

图 8 卡车车队零排放转型预期时间节点

三、加州《先进清洁卡车法规》经济环境影响评估

基于 CARB 的相关分析，本章对《先进清洁卡车法规》实施后产生的经济成本和环境影响进行整体评估。

3.1 经济影响

(1) 直接增量成本

此处提到的成本是指在整个加州卡车车队层面，零排放卡车替代传统卡车所产生的总体成本变化，而不是单一针对卡车制造商、经营者、或者政府财政负担而言。现阶段零排放卡车的一次性购置成本和充电设施建设虽然较高，但随着销售量的不断增长以及技术的成熟完善，价格有很大的下降空间，而且零排放卡车在燃料成本、维修保养、低碳燃料收益等方面具有一定优势。CARB 将卡车的总体成本组成分解为制造商成本、燃料成本、LCFS 收益、基础设施成本、维修保养成本、中期成本和其他成本七个部分，并将零排放卡车法规实施产生的经济成本与 BAU 基准情形进行对比，两者之差即为直接增量成本。

表 4 卡车成本组成

成本组成	说明
制造商成本	ZEV 价格、传统车 Phase 2 GHG 合规成本、ZEP（零排放动力系统）注册费用
燃料成本	汽油、柴油、电能、氢能成本
LCFS 收益	低碳燃料收益
基础设施成本	充电设施建设费用、设施升级费用、设施维护费用
维修保养成本	车辆维护费用、维修保养中心升级费用
中期成本	通常指车辆在使用寿命内产生的大修成本，如发动机大修成本
其他	消费税、联邦货物税、注册费、大型实体报告费、过渡成本与劳务开发费等

据测算，与基准情形相比，基于修订意见的《先进清洁卡车法规》所产生的直接增量成本从 2030 年开始由正转负，即意味着零排放卡车车队的经济效益开始显现。其中，零排放卡车在燃料成本、LCFS 收益和维护成本方面优势最大。

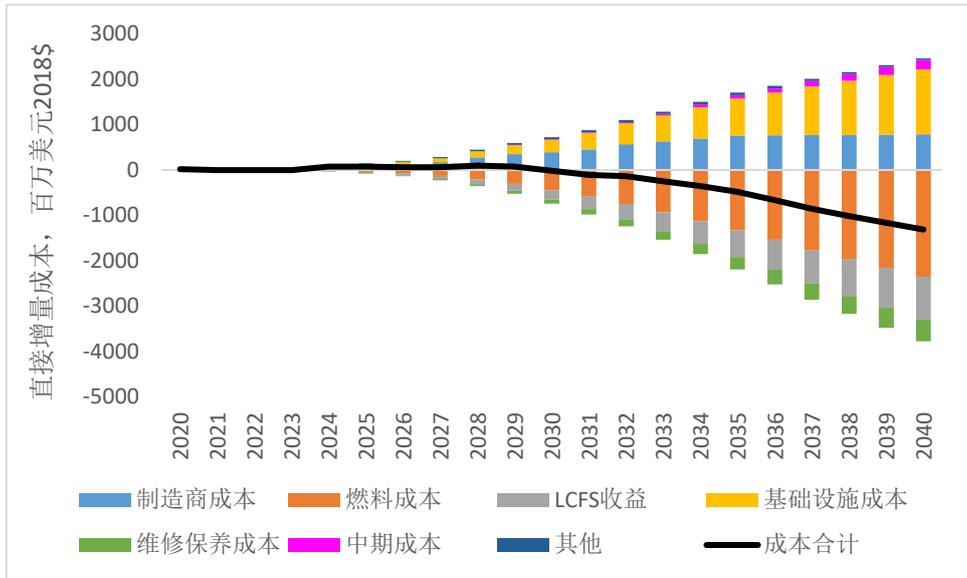


图 9 基于法规的卡车车队相较于基准情形的直接增量成本

(2) 财政税收影响

在加州政府层面，相较于基准情形，法规实施的整个周期对财政税收的综合影响均为负，这其中包括 CARB 需抽调或新增相关人员进行法规实施的监管，而最主要的影响则在于，由于越来越多的传统柴油卡车被零排放汽车所替代，加州政府将流失大量的汽柴油税收收益。

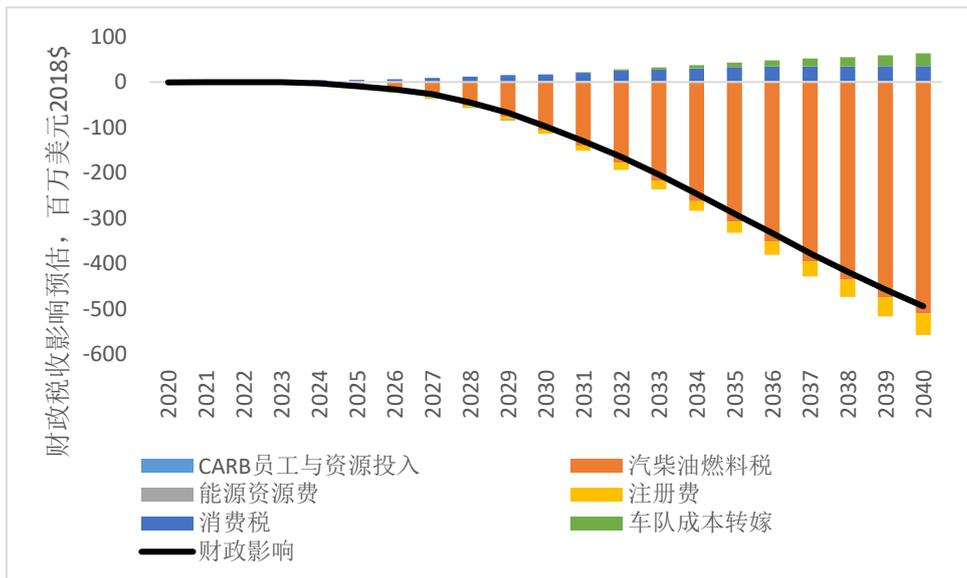


图 10 《先进清洁卡车法规》实施对加州政府财政税收的影响

(3) 宏观经济影响

宏观经济分析结果显示，《先进清洁卡车法规》的实施对加州经济不会产生较大影响。整体上来看，与基准情形相比，法规实施对工作岗位和 GDP 的影响不会超过 0.03 个百分点。与此同时，由于零排放卡车的逐步引入，汽柴油消费量下降，使得政府税收

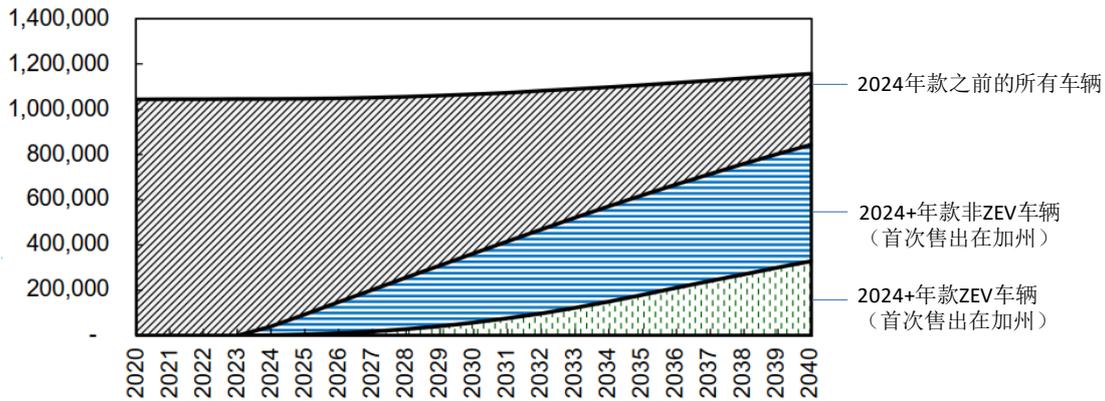
收入减少，对与之相关联的政府产出和就业岗位可能产生负面影响。

表 5 《先进清洁卡车法规》实施对加州宏观经济的影响

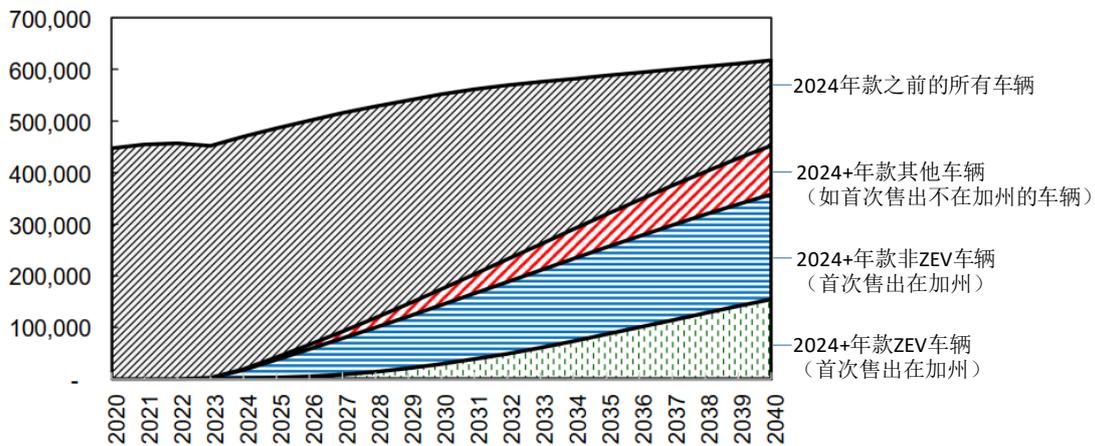
宏观经济产出	2020	2025	2030	2035	2040
加州 GDP-%变化	0.00%	0.00%	0.01%	0.02%	0.01%
加州 GDP-变化量 (百万美元 2018\$)	1	131	469	603	282
居民收入-%变化	0.00%	0.00%	0.02%	0.03%	0.04%
居民收入-变化量 (百万美元 2018\$)	-30	84	489	1064	1507
就业岗位-%变化	0.00%	0.01%	0.02%	0.03%	0.03%
就业岗位-变化量	34	1340	5274	8177	7442
政府产出-%变化	0.00%	0.00%	0.01%	0.01%	0.00%
政府产出-变化量 (百万美元 2018\$)	-4	209	648	587	-237
私人投资-%变化	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
私人投资-变化量 (百万美元 2018\$)	-8	39	196	407	485

3.2 环境效益

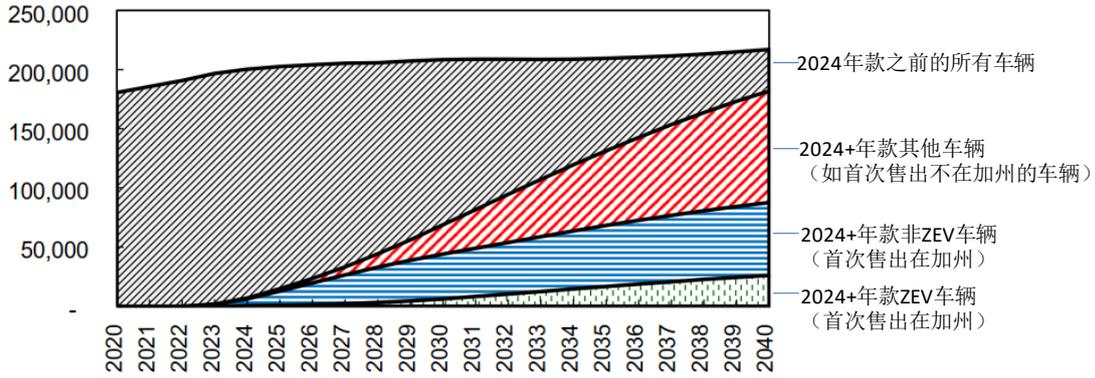
根据预测，至 2040 年《先进清洁卡车法规》将促使加州零排放卡车的保有量增加至 23.2 万辆，以下为 CARB 对各组别卡车车队组成的预测。



(Class 2b-3)



(Class 4-8)



(Class 7-8 (牵引车))

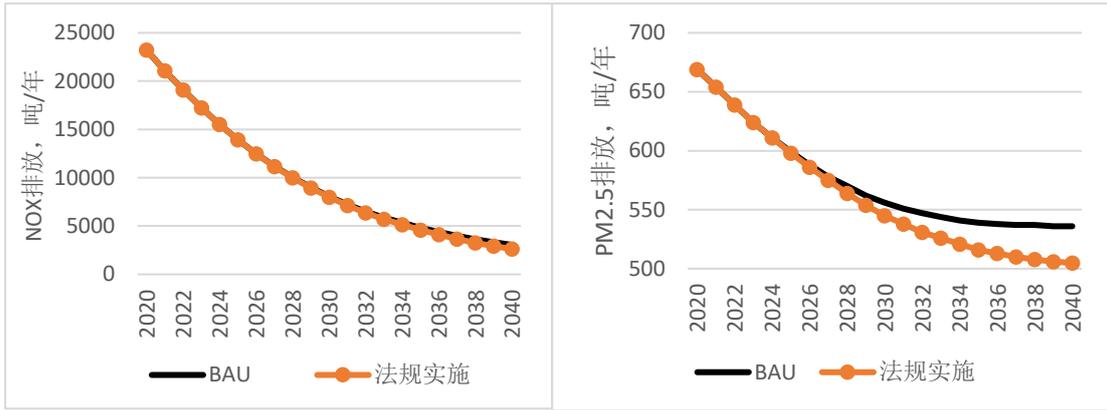
图 11 2020-2040 年加州各组别卡车车队保有量组成预测

(1) 终端尾气污染物排放

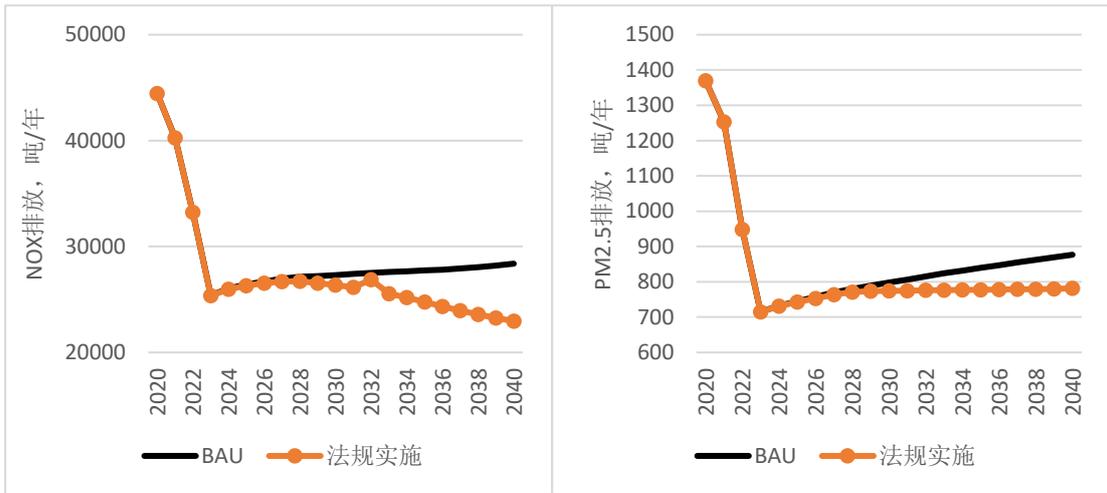
相比于传统柴油卡车，零排放卡车对氮氧化物和颗粒物的减排效果最佳。据测算，在按照法规实施情形下，到 2040 年，这两类污染物的整体减排量在加州将达到 5301 吨/年和 144 吨/年。

具体来看，到 2040 年，Class 2b-3 组别车型中，这两类污染物的减排量将达到 138 吨/年和 32 吨/年；Class 4-8 (非牵引车) 组别车型中，这两类污染物的减排量将达到 4001 吨/年和 96 吨/年；对 Class 7-8 组别的牵引车，这两类污染物的减排量将达到 1163 吨/年和 16 吨/年。其中，对 Class 4-8 (非牵引车) 和 Class 7-8 组别的牵引车，由于受到加州《卡车与客车管理规定》(Truck and Bus Regulation)²的要求影响，至 2023 年 GVWR 超过 14000 磅的重型卡车和客车将升级至 2010 年款或更新的发动机，进而使 2023 年之前的氮氧化物排放量急剧下降。此后，在法规环境效益评估所使用的 EMFAC2017 模型中，由于车辆年均行驶里程设置为持续增加，因此在 BAU 情景下氮氧化物的排放量呈现缓慢上升趋势。而在基于法规实施的情景下，由于 ZEV 销售比例不断增加，且 ZEV 在终端不产生污染物，氮氧化物排放量在经历略微上升后呈下降趋势。与此类似，2023 年及之前，PM2.5 排放量的下降也是由于《卡车与客车管理规定》中要求 GVWR 超过 14000 磅的重型卡车和客车安装柴油颗粒物过滤装置，此后 PM2.5 排放量的缓慢上升也主要受评估模型中年均行驶里程持续增加的影响。

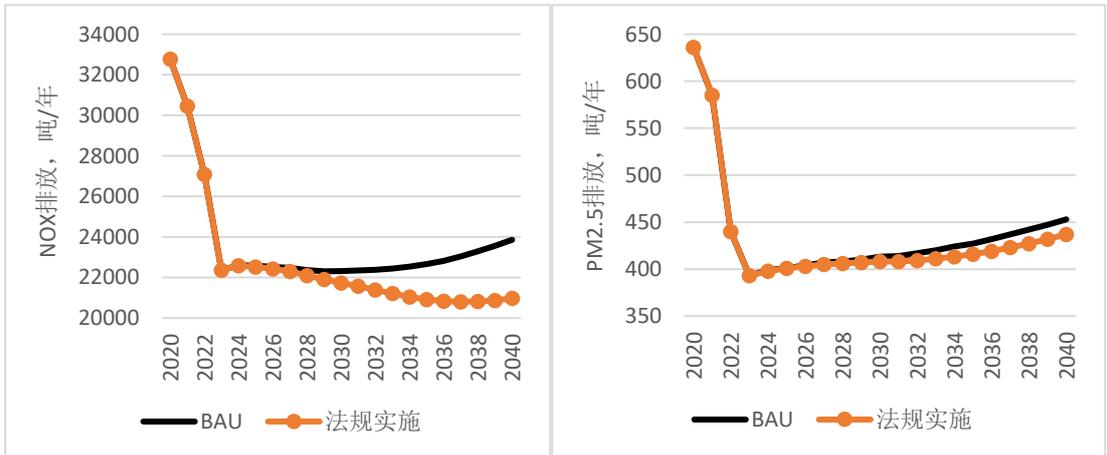
² CARB, Truck and Bus Regulation Compliance Requirement Overview, <https://ww3.arb.ca.gov/msprog/onrdiesel/documents/fsregsum.pdf> (last updated by June 2019)



(Class 2b-3)



(Class 4-8)



(Class 7-8 (牵引车))

注：PM2.5 排放包含刹车磨损。

图 12 《先进清洁卡车法规》实施对各类车型污染物排放的影响

(2) 温室气体排放影响

测算结果显示，与基准情形相比，法规实施的温室气体减排效益从 2028 年起才开始显现，至 2040 年，温室气体减排量累计将超过 1620 万吨。其中，绝大多数减排量来

自“油箱到车轮（TTW）”的终端使用排放。

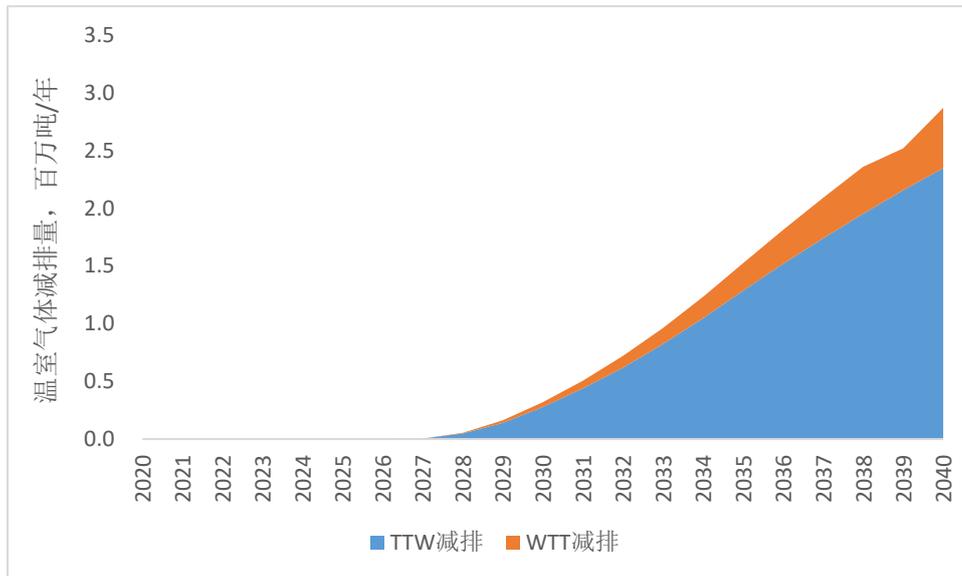


图 13 《先进清洁卡车法规》实施的温室气体减排效益

3.3 小结

从卡车车队整体来看，《先进清洁卡车法规》实施对加州宏观经济不会产生较大影响，同时由于零排放卡车数量逐渐增加，对温室气体和污染物减排的正面影响逐渐显现。不过，在法规的分析报告中并未强调零排放卡车对经营者产生的经济影响，尽管这在电动卡车发展初期十分关键。

四、加州与中国商用车市场对比

加州在零排放汽车法规方面一直处于全球领先地位,《先进清洁卡车法规》亦是全球范围内发布的首个零排放卡车法规,对其他国家和地区的商用车电动化发展具有很好的借鉴意义。而在政策制定过程中,如何根据本地化情景来进行针对性设计,则是政策实施的关键。因此,在参考和借鉴《先进清洁卡车法规》时,也应评估中国和加州在商用车市场上的差异性,以便对中国未来商用车的电动化路线进行探索。

4.1 商用车分类对比

在美国(也适用于加州),商用车按照最大允许总质量(GVWR)被分为8个类别,Class 1-3为轻型卡车;Class 4-6为中型卡车;Class 7与Class 8为重型卡车。中国商用车的分类与此不同。按照用途,商用车被划分M类—客运车辆、N类—货运车辆和O类—半挂车辆。对于每一种车型,又根据最大设计总质量(GVW)细分为3-4个次级车类,其中除M1类被归为乘用车外,M2、M3、N类与O类均被归为商用车。

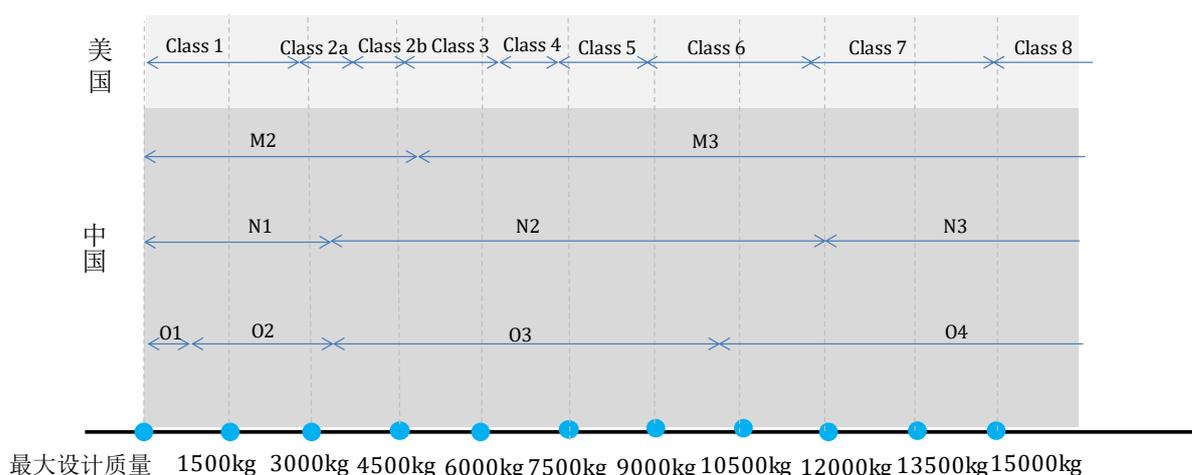
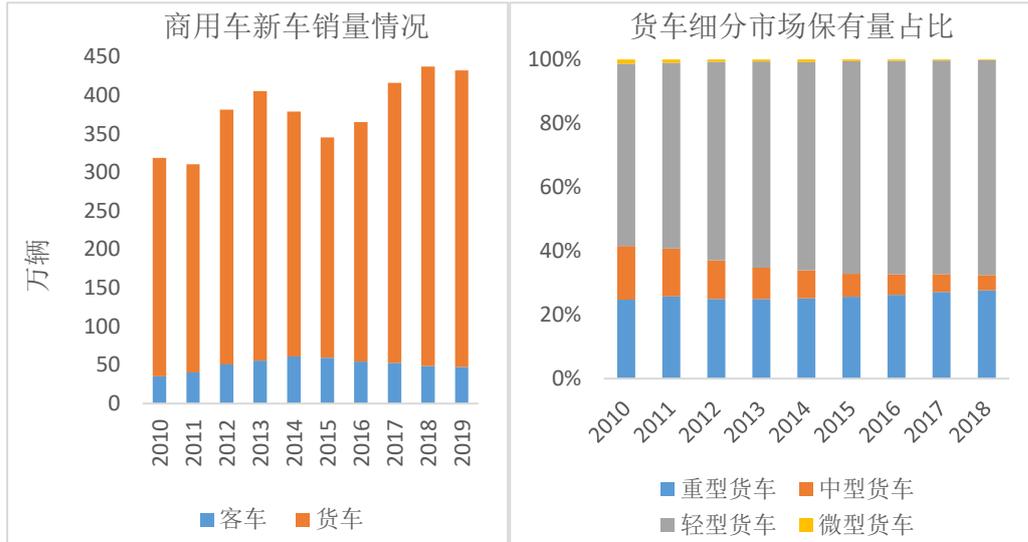


图 14 中国与美国加州商用车分类对比

4.2 商用车市场对比

中国商用车新车市场体量在350-450万辆左右,其中货车占比接近90%。保有量方面,2013年以来商用车保有量一直保持在2000万辆以上,其中,货车细分市场中,重型货车保有量约占1/4,轻型货车占比在65%左右,中型货车保有量占比近年来持续下降,2018年仅占5%的份额,微型货车占比极小。

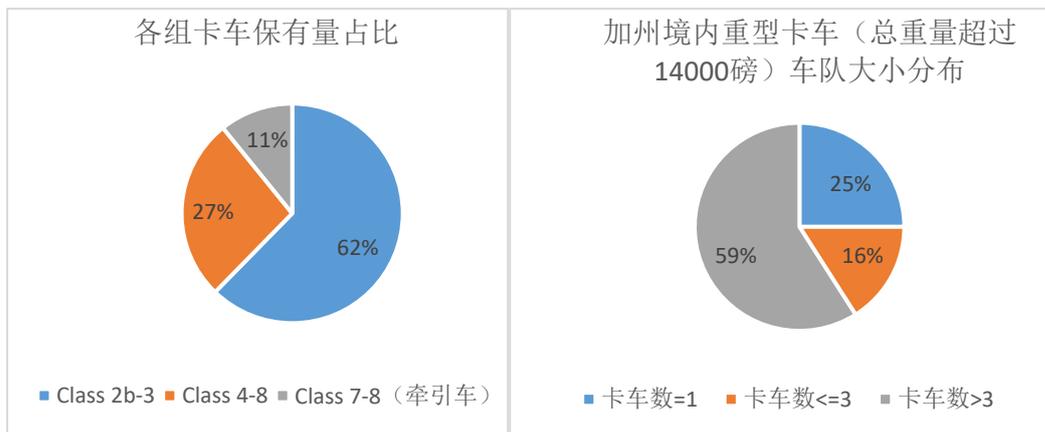


数据来源：中国汽车工业协会，国家统计局

图 15 中国商用车新车销量和货车保有量情况

所有权方面，中物联于 2018 年发布的《货车司机从业调查报告》³指出，“车辆自有、自主经营的个体司机是卡车司机的从业主体”，约有六成以上的卡车司机为个体车主。

加州拥有全美最大的卡车车队，目前卡车总保有量超过 1600 万辆，其中，总质量在 14000 磅以下 2b-3 组的车型占比最高，7-8 组牵引车的占比为 10%左右，其余为中重卡。卡车车队规模上来看，仅有一辆卡车组成的车队数量约占 1/4，由 2-3 辆卡车组成的车队数量约占 16%，卡车数量超过 3 辆的大型车队数量占比最高，接近 60%⁴。



数据来源：CARB

图 16 加州卡车保有量及车队大小分布情况

4.3 商用车管理标准对比

³ 中国物流与采购联合会 公路货运分会, <http://glhyfh.chinawuliu.com.cn/xyjcgz/201808/09/333760.shtml>

⁴ CARB, Draft - Supporting information for technology assessments: Truck and bus sector description.

美国（也适用于加州）汽车相关管理政策中，一般将轻型商用车和乘用车归类到一起管理，中型和重型商用车则与之分开按重量段管理。而在中国的商用车管理政策中，一般仅分为轻型车和重型车两类进行管理。

表 6 中国与加州商用车主要管理标准对比

管理目标	对应法规	法规状态	管理适用对象	
燃料经济性	美国 加州	1) CAFE 2) Greenhouse Gas Emissions and Fuel Efficiency Standards for Medium- and Heavy-Duty Engines and Vehicles-Phase 2	1) Phase 2 实施中 2) Phase 2 实施中	1) 乘用车和轻型卡车企业 2) 中、重型卡车及发动机——单车
	中国	1) 轻型商用车燃料消耗量限值 2) 重型商用车燃料消耗量限值 3) 商用车积分	1) 第三阶段实施中 2) 第三阶段实施中 3) 研究制定中	1) 轻型商用车单车 2) 重型商用车单车
电动化	美国 加州	1) 零排放汽车（ZEV）积分交易机制 2) 《先进清洁卡车法规》	1) 实施中 2) 发布	1) 乘用车和轻型卡车企业 2) Class 2b 组别以上的卡车企业
	中国	1) 新能源汽车发展路线图及各类车辆电动化目标政策 2) 商用车电动化三年行动计划	1) 视具体情况不同 2) 设计制定中	1) 各地方政府负责 2) 未知

此外，在设计商用车电动化发展目标时，中国与加州对商用车的分类也不尽相同。在加州《先进清洁卡车法规》中，仅按照基于车辆 GVWR 的分类设定具体目标值，同时将牵引车单列出来。虽然中国目前尚未制定出台类似标准，但在各地方政府文件中，对商用车电动化目标的设定一般基于车辆使用场景划分，如城市客车（公交）、环卫车、物流车等新增车辆分别需达到不同的电动化比例目标。

五、《先进清洁卡车法规》对中国商用车电动化的启示

加州出台《先进清洁卡车法规》绝非偶然，在推进缓解交通对气候变化影响的政策及措施方面，加州一直走在世界前列，为中国商用车电动化提供了良好经验和启示。

5.1 加州的经验与启示

(1) 坚实的法规约束为基石

目前，加州是美国国内唯一一个拥有自主制定州级机动车排放标准权力的州⁵。2002年7月，加州颁布众议院法令 AB1493 法案，要求 CARB 采取措施来限制非商用私人车辆的温室气体排放。2016年，加州颁布参议院法令 SB32，明确提出了2030年加州温室气体排放要在1990年基础上下降40%⁶。而在施瓦辛格担任加州州长时期签署的行政命令 S-3-05，提出了2050年温室气体排放要在1990年基础上下降80%的目标⁷。中长期温室气体减排目标的确立，是推进交通行业低碳化和电动化转型的主要助力。

在轻型车领域，加州早在1990年就开始实施零排放汽车（ZEV）项目。ZEV政策为强制性法规，要求汽车制造商每年在加州市场上销售的汽车中零排放汽车需达到一定比例。根据最新信息估计，在ZEV框架下，至2025年加州轻型车新车销售中将有约8%的车辆为零排放汽车和插电式混合动力汽车⁸。目前，除加州外，已经有其他11个州采用和实施ZEV政策⁹，推动轻型车领域进一步低碳化转型。

在加州，卡车保有量仅占有所有车辆的7%，但贡献了50%的温室气体排放和超过95%的颗粒物排放¹⁰。因此，卡车的低碳化和电动化转型将带来显著的环境和气候效益。《先进清洁卡车法规》的达标与合规机制与轻型车ZEV政策基本一致，在轻型车ZEV实施过程中获得的经验将可能被用于《先进清洁卡车法规》的实施过程。

(2) 充分的市场和社会调研为基础

CARB从2016年11月就开始启动了先进清洁卡车项目的研究，至2020年6月正式通过法规，前后历时3年7个月。卡车电动化不仅涉及车辆制造商，还需要引入基础设

⁵ Congressional Research Service, Vehicle Fuel Economy and Greenhouse Gas Standards: Frequently Asked Questions.

⁶ CARB, <https://ww2.arb.ca.gov/ghg-2020-limit>

⁷ Executive Order S-3-05,

[http://static1.squarespace.com/static/549885d4e4b0ba0b5dc695/t/54d7f1e0e4b0f0798cee3010/1423438304744/California+Executive+Order+S-3-05+\(June+2005\).pdf](http://static1.squarespace.com/static/549885d4e4b0ba0b5dc695/t/54d7f1e0e4b0f0798cee3010/1423438304744/California+Executive+Order+S-3-05+(June+2005).pdf)

⁸ CARB, <https://ww2.arb.ca.gov/our-work/programs/zero-emission-vehicle-program/about>

⁹ Vermont official state website, <https://dec.vermont.gov/air-quality/mobile-sources/zev>

¹⁰ CARB, Advanced Clean Trucks Regulation California's Zero-Emission Truck Program introduction slides.

施建设方及电力供应方等，因此项目讨论之初，CARB 便组织研讨会邀请相关公用设施企业和卡车协会，对重型车领域交通电动化面临的问题与障碍及可能的解决方案进行充分探讨¹¹。在政策制定过程中，CARB 也定期以研讨会形式，对零排放卡车的经济性问题及充电和加氢等基础设施建设问题进行讨论，以更好服务于卡车的零排放转型。

此外，CARB 还对目前加州市场上可及的零排放卡车车型进行了系统梳理，这对《先进清洁卡车法规》实施的具体日期设定具有重要指导意义。截至目前，已经有超过 100 款零排放卡车和客车已经公布或进入市场，这是《先进清洁卡车法规》得以顺利推进的关键。



图 17 加州市场已公布或上市的零排放卡车和客车车型

(3) 详细和较为完善的法规设计是关键

加州在低碳交通法规设计方面具有丰富的经验，这也在《先进清洁卡车法规》的设计中得到较为充分的体现。

首先，以“规定积分达标限额——零排放汽车积分交易——通过市场机制合规”为基本设计思路。该思路在轻型车 ZEV 积分交易机制中被应用且被证实有效，因此在《先进清洁卡车法规》中的应用也值得期待。其次，对需合规企业按照年均产量基数进行划分，同时明确了能够产生积分的先进清洁卡车类型，即 ZEV 和 NZEV 车型定义。这对企业进行定位和未来产品规划布局具有重要参考价值。第三，明确基于车型重量的划分依据及各车类的 ZEV 销售比例，并规定积分在各车类间的流通原则。企业可根据自身产品

¹¹ CARB, <https://ww2.arb.ca.gov/our-work/programs/advanced-clean-trucks/act-meetings-workshops>

布局做好预估，为先进清洁卡车产品的研发和生产留足时间。第四，明确积分合规、存储及结转和负积分抵偿机制，有利于企业理清合规机制，并在企业内部形成明确的分工和汇报机制。

企业是《先进清洁卡车法规》的核心和主体，通过明确法规目标和具体实施措施，将使企业减少在法规研究上的投入，从而将更多精力投入到产品的研发、测试和推广中来，进一步加快推进先进清洁卡车应用进程。

(4) 及时的政策进展公开与数据披露是保证

在《先进清洁卡车法规》的制定过程中，CARB 先后举行了八次公开的工作组研讨会，就政策设计过程中遇到的问题与利益相关方进行反复讨论，以确保产业链各个环节的参与方提前了解法规设计和政策难点，从而合理规划并为政策的实施做好准备。此外，CARB 还非常重视行业和公众的意见反馈，在法规制定过程中，先后进行了两轮意见征求，并收到了大量反馈意见和建议，这些反馈均能在 CARB 网站上逐一进行查看¹²。通过这些资料，行业人员和公众能够更深入地了解法规制定过程以及相关问题，可在一定程度上降低法规教育的难度。

尽管《先进清洁卡车法规》尚未有实质性数据核算，但 CARB 在跟踪类似政策实施方面积累了丰富的经验。例如，在轻型车 ZEV 积分交易机制的实施过程中，CARB 对各个企业的积分情况及每年的积分交易情况均进行汇总和公开，提升了法规实施过程的公开性、公正性和透明度，也利于其他研究人员进行政策追踪，并对未来的政策设计和制定提出针对性参考建议。

5.2 加州经验的中国引荐—开展中国商用车零排放管理试点

加州是美国汽车低碳和电动化政策的引领者，很多行动都超前于联邦政府，且美国国内其它州均无类似法规和政策。换言之，从国家角度而言，加州的汽车低碳化和电动化行动是美国的“先行者”和“试点”，尽管这是自愿且不受联邦政府约束的。一旦这些政策在加州取得了良好的实施效果，联邦其他州也会加入并积极引荐落地。以轻型车 ZEV 积分机制为例，自 1990 年实施以来，ZEV 积分机制历经六次修订，对加州零排放汽车的推广和应用起到了积极的推动作用。正是如此，ZEV 机制得到了越多越多其他州的

¹² CARB, <https://www.arb.ca.gov/lispub/comm/bccommlog.php?listname=act2019>

认可和加入。至今，包括加州在内的 ZEV 积分机制政策覆盖约 30%的全美轻型车市场¹³。

与美国类似，中国幅员辽阔，且各省市之间的发展差异较大。在以往的政策实施过程中，中国政府也倾向于选择试点区域进行小范围试水，在取得一定经验后，再在全国范围内推广。这一方面可以对政策的相关设计进行小范围检验和优化，另一方面通过选择最佳实践区域，也减少了对欠发达或尚未做足准备区域的压力和冲击。

在考虑引荐加州的零排放卡车法规经验时，我们认为也可以先行选择案例省市进行试点。《先进清洁卡车法规》实施的背后，还包含着对产业和环境产生的一系列影响，需要提前做好评估，并要求主管部门有强有力的决策和领导能力，以及较为雄厚的经济实力做基础。短期内，大气污染防治重点区域、国家生态文明试验区等，可针对特殊车类（包括短途运输、港口、矿山等车辆）引入零排放卡车法规经验，并因地制宜地制定电动化目标。

全面实现商用车电动化则需要地方政府具备上述条件和能力。例如，广东省可以作为加州《先进清洁卡车法规》引荐的中国对标省市：1）加州和广东省均是各自所在国家 GDP 最高的地区，经济基础类似；2）加州和广东省的地理环境、产业基础和对环境治理的诉求十分相似；3）政府均具有较强的领导力和政策执行能力。

表 7 加州与广东省基本情况对比

指标	中国广东省	美国加州
GDP 水平（2019）	约 1.52 万亿美元 （中国第一）	约 3.2 万亿美元 （全美第一）
所处地理环境及特色城市	珠三角都市区 广州、深圳两座中国特大型城市	太平洋沿岸 洛杉矶、旧金山两座全美特大型城市
汽车保有量	>1500 万辆	>2100 万辆
新能源汽车保有量	近 50 万辆	>60 万辆

资料来源：iCET 根据公开资料整理

即便在先行试点的情况下，加州《先进清洁卡车法规》的引荐和中国本地化落地仍需要反复评估。政策制定者需要对商用车电动化过程中可能遇到的问题进行深入挖掘和分析，并提前做好应对。

¹³ CARB, <https://ww2.arb.ca.gov/our-work/programs/zero-emission-vehicle-program/about>

六、中国商用车电动化的关键问题探讨

受宏观经济影响，商用车新车销量呈现出一定幅度的波动。但就近五年趋势来看，商用车新车销量基本维持增长势头，尤其是货车（图 14）。2020 年 1-7 月，货车销量完成 261.5 万辆，同比增长 17.4%¹⁴。长期来看，中国宏观经济仍将保持稳定增长，基建投资回升、老旧车淘汰等因素也将使商用车市场维持相对稳定的产销规模。

与此同时，全球汽车市场正处于全面电动化转型的关键时期，在这一浪潮中，中国仍走在前列。2019 年，中国新能源汽车销量达到 120 万辆，占全球总量的一半以上¹⁵。其中，新能源商用车销量已连续四年超过 15 万辆，占商用车新车市场的比例也超过 3.5%。现阶段新能源商用车市场仍主要集中在城市客车和轻型专用车领域，新能源重卡仍处于起步阶段。2018 年以前，中国电动重卡市场发展非常缓慢，年产销规模不足千辆，2019 年上涨至 5036 辆¹⁶，但在重卡市场中依然微乎其微。不过，在“新基建”推动下，电动重卡也将迎来发展风口。



数据来源：中国汽车工业协会

图 18 新能源商用车销量趋势及市场占比

目前，中国也在积极研究和制定商用车电动化发展路线，如新能源商用车三年行动计划（筹备）、新能源商用车积分（筹备）等政策，这对缓解传统燃油商用车队造成的空气污染和温室气体排放问题无疑是重大利好。不过也应认识到，商用车电动化涉及产业链上下游众多企业类型，包括电力、电池、电机、充电设施、后服务等，有些服务类型初具雏形，有些则仍需改进重组，在成本和技术上均面临较大压力。同时，鉴于中国有超过一半的卡车属于

¹⁴ 中国汽车工业协会，http://www.caam.org.cn/chn/1/cate_3/con_5231410.html

¹⁵ EV Sales 数据显示，2019 年全球新能源汽车销量约 220 万辆。

¹⁶ 卡车之家，<http://www.360che.com/news/200211/128967.html>

私人运营，电动卡车是否具有成本优势将直接影响其推广进程。此外，基础设施建设能否完善、电池续航能否满足需求、电动化目标如何制定、相关政策如何实施等，都将是商用车电动化之路上需要面对的挑战。本章将对影响中国商用车电动化的重点问题进行列述和讨论，其中的部分内容可以为决策者在制定政策时提供参考。

6.1 政策体系完备性

加州《先进清洁卡车法规》为强制性法规，要求企业必须制造一定比例的零排放卡车，不久还将配套要求以车队为主体购买和使用零排放卡车。未来中国也应出台类似政策，兼顾从生产和消费两个方面来推动商用车电动化。从以往经验来看，消费端的电动化目标往往需要因地制宜，即在经济、理念先进城市率先推行汽车电动化或者设定更高的电动化目标，而对相对落后地区则需要由点及面稳步推进。生产端的电动化比例目标一般为强制性目标，企业必须达到或者通过积分交易等方式来合规，但可能存在的问题是，由于缺少经济处罚机制的上位法，对不达标企业的处罚可能偏向于比较刚性的行政处罚，而非更加弹性化的经济处罚机制。

与乘用车不同，商用车运营以营利为主要目的，成本敏感程度高。除公交、环卫等公共领域车型外，在新能源商用车尚不具备技术和成本优势时，其他营运类商用车的电动化推广难度较大。短期内，政府仍需给予新能源商用车足够的政策支撑和优惠，以使其电动化进程稳步推进。

总而言之，现阶段及未来一段时期内，强制性法规约束和优惠激励政策相结合将是商用车电动化发展的有力推手。建议相关部门在制定商用车电动化路线及目标时，尽可能完善政策体系，鼓励新能源商用车的电动化技术突破，进而全面推进电动化进程。

表 8 商用车电动化推广的相关政策建议

环节/对象	政策级别	政策类型建议
电动化推广目标制定	国家/地方	<ul style="list-style-type: none"> · 中长期产业规划、节能与新能源汽车技术路线图 · 研究制定汽车产业温室气体排放标准 · 新能源商用车积分政策 · 新能源商用车三年行动计划 · 新能源商用车推广应用计划等
商用车企业	国家/地方	<ul style="list-style-type: none"> · 新能源商用车积分政策 · 电动车型研发补助、准入车型奖励等激励政策 · 企业税收优惠政策 · 新能源商用车运营补贴
运营商/消费者	国家/地方	<ul style="list-style-type: none"> · 新能源商用车购置优惠（购置税减免、购置补贴） · 充电优惠政策

		<ul style="list-style-type: none"> · 通行便利政策
电力、充/换电平台	国家/地方	<ul style="list-style-type: none"> · 充电设施建设配套优惠政策 · 融资租赁、车电分离 · 新型商业模式鼓励政策
产业标准	国家	<ul style="list-style-type: none"> · 动力电池标准 · 燃料电池标准 · 充、换电标准 · 氢气制取、储运及加注标准
政策实施	国家	<ul style="list-style-type: none"> · 推动经济上位法出台 · 积分交易机制政策 · 不达标企业处罚机制 · 碳市场交易

6.2 商用车电动化路线图设计

商用车电动化是大势所趋，但在现有条件下也不可盲目推进，企业和运营者对新能源商用车在技术、成本以及盈利空间上仍有很多担忧。加州经过近四年的反复讨论和公开征求意见才制定和发布了《先进清洁卡车法规》，提出了基于车重分组的零排放汽车销售比例目标。中国也在积极制定适用于本国国情的商用车电动化路线图及相关政策，其中最为关键的是商用车电动化目标要求如何设定。

与加州情况不同，要制定以全国性的商用车电动化发展目标，需要综合考虑地区差异性因素，而不能采用“一刀切”的做法。iCET 于 2019 年发布的《中国传统燃油汽车退出时间表研究》¹⁷报告中，就提出中国传统燃油汽车的退出要遵循“分区域、分车型、分阶段”的原则，具备条件的地区和技术较为成熟的车型先行，基础较为薄弱的地区可从小规模试点开始，由点及面推进。根据 iCET 的调研，认为公交、通勤、环卫、邮政、轻型物流及场地作业车可作为商用车电动化的第一梯队车类，城际客车、城际物流和专用车为第二梯队车类，其他中、重型货车为第三梯队车类。各车类的电动化进度则需要根据不同区域的整体特征进行把握。

另一方面，根据电动化推进所积累的经验并结合商用车运营模式，政府和行业对商用车电动化的路径和模式达成了较为统一的认识。一是大力推行换电模式，减少商用车充电时间，提高运营效率。换电模式还可以更加积极地带动充电服务商与社会资本进入到电动汽车产业，分散资金压力，形成更加稳定的产业链。第二，不全部押宝电动汽车，

¹⁷ iCET, 中国传统燃油汽车退出时间表研究, 2019.

因地制宜推广节能与新能源汽车。根据《节能与新能源汽车技术路线图(2.0版)》专家组意见,不建议中国制定全面“禁燃”时间表,未来很长一段时间节能与新能源汽车应当并举发展。例如,鼓励运输线路固定的商用车更换为电动汽车,长距离运输车辆建议采用燃料电池汽车,对清洁能源储量丰富和极端气候区域,建议采用混合动力等节能汽车。

6.3 电动商用车型可及性

基于推广新能源乘用车的经验,业内人士普遍认为推动商用车电动化必须以技术先行。目前,受城市客车电动化的推动,市面上出现一批较为成熟的电动大巴车型,包括比亚迪、宇通、海格、南京金龙等品牌。但在卡车,尤其是重卡领域,国家的政策扶持力度不及客车,电动卡车的技术推动和市场推广更多依靠企业自身,很多企业在经济利益面前还是倾向于选择固守。不过,随着国内疫情的大幅缓解,基建地产行业逐步复苏,以及国三汽油车淘汰,重卡的销量呈现出良好增长势头。中国汽车工业协会的数据显示,2020年7月,重型货车的单月销量同比增速超过80%¹⁸,这也给电动重卡的发展提供了市场空间。

车型方面,2019年电动重卡市场主要靠自卸车、垃圾车和其他环卫车的销量拉动,电动牵引车的销售比例不足2%¹⁹。令人欣喜的是,越来越多的企业展出或开始量产纯电动重卡车型,例如,2020年6月,一汽解放就与北京市政路桥集团签署电动重卡批量交付协议,将分批交付120台解放新能源纯电动重卡J6P 8×4车型²⁰。更早之前,比亚迪向深圳市交付一批纯电动智能泥头车²¹,山西大运汽车也与苏州高迈新能源有限公司签署200辆纯电动重卡交付协议²²。

为满足重卡的货运距离要求,纯电动重卡必须搭载更大容量的电池,而这势必会增加车身重量,挤压载货空间,导致经济性变差。因此,未来城市内短途运输卡车将以纯电动车型为主,而跨城市跨省的长途运输卡车将以混合动力为主然后逐步转向燃料电池技术路线。燃料电池重卡的主要优势在于:用能效率高、加速快、与纯电动电池相比燃料电池的重量更轻、且加氢速度快,更适合长途运输。目前,中国重汽、中国一汽、江

¹⁸ 中国汽车工业协会, http://www.caam.org.cn/chn/1/cate_3/con_5231410.html

¹⁹ 卡车之家, <http://www.360che.com/news/200218/131653.html>

²⁰ 长春市人民政府,

http://www.changchun.gov.cn/zw_33994/yw/zwdt_74/jjdt/202006/t20200603_2362504.html

²¹ 比亚迪官网,

https://www.byd.com/sites/Satellite?c=BydArticle&cid=1514427171798&d=Touch&pagename=BYD_CN%2FBydArticle%2FCommon%2FArticleDetails

²² 电车资源, <https://m.evpartner.com/news/detail-36969.html>

铃重汽、福田汽车、奥新新能源、陕汽、潍柴动力等多家企业已经布局燃料电池重卡产业，其中，多数企业还处于研发或原型阶段，成本投入高且缺乏配套基础设施，只有少数燃料电池重卡车型进入试点阶段或投入运营²³。

不过，随着国家对商用车电动化转型的进一步重视和推动，将会出台更多的扶持和激励政策。与此同时，商用车市场的高度成熟和对车型盈利空间的要求，也将鼓励商用车企业生产和交付更高质量水准和更具有成本竞争力的电动和燃料电池车型。

表 9 中国新能源商用车车型市场概览

	客车	货/卡车	牵引车
整体市场情况	较为成熟	轻卡市场初具规模，重卡市场刚起步	起步阶段
车型类型	纯电动为主	轻卡市场以纯电动为主，重卡市场未来更侧重混动和燃料电池技术	混动，纯电与燃料电池并行发展
分布特征	城市客车领域高度电动化，普通客车有待进一步电动化	自卸车、垃圾车、环卫车、专用车领域电动化推广较好	无

资料来源：iCET 根据公开资料整理

6.4 商用车电动化经济成本

前已述及，商用车是以运营为主体，以营利为目的的车型，对购置成本和使用成本的敏感度很高，自主运营的个体卡车车主情况尤甚。在新能源商用车尚不具备成本优势时，推动其电动化发展将面临诸多阻碍。反之，如果用户对新能源商用车的认可和兴趣不够，生产企业也缺乏足够动力来进行研发和生产。

现阶段补贴是鼓励商用车电动化发展“立竿见影”的一种机制，但补贴是不可持续的，也给中央和地方财政带来了巨大的经济压力。为此，还需从根本上降低新能源商用车的售价及使用成本。在企业层面，短期内适度补贴，后期“以奖代补”，鼓励发展一批高质量水准的车型和技术，从电池、电机等角度降低生产成本。在用户层面，短期内可通过购置补贴等优惠培育一批示范车队，通过电价优惠，通行便利及优惠，以及车电分离、创新换电模式等方式降低购置和使用成本。此外，通过与企业及运营者的充分讨论，在不同场景中选择最佳电动化方案，如在港口、码头、矿山等作业场合，选择纯电动重卡车型，在城际长途运输中选择燃料电池车型，以此为向导可降低企业进行产品规划与研发的精力和成本，企业可获得更

²³ 新浪财经，<https://finance.sina.com.cn/stock/stockzmt/2020-05-20/doc-iircuyvi4150486.shtml>

多的时间进行技术提升，进而为快速量产和降低成本提供了可能。

令人欣慰的是，经过几年的发展，电动重卡技术取得了长足的进步，总体成本进一步降低。目前，传统燃油重卡售价约 40 万元，电动重卡售价约为 100 万元，但后者的使用成本较低。有数据显示，按照日均 250 公里的运营强度计算，纯电动重卡在四年的生命周期内所产生的总能耗费用比同级别的传统燃油重卡低近 60 万元²⁴。综合考虑维保成本后，纯电动重卡在总成本上已经具备一定竞争力。若考虑燃料电池技术，成本优势还将进一步突出。

另一个可显著降低新能源商用车使用成本的方案为使用换电模式代替原装电池组，该方案近期也得到了工信部等相关部门的高度重视，被认为是商用车电动化发展的风向。在换电模式下，可通过减少电池组数量来提升载货能力，同时还可以降低电池组更换的操作时间，增加营运时长，而电池组的充电和维保也交由专业团队进行，既提高了效率又保证了质量。

除上述问题外，商用车大规模电动化还将对配电系统及就业岗位调整等方面产生一定冲击，而传统燃油商用车报废及二手车流通将会是商用车电动化过程中必须面对的挑战。建议相关部门在制定商用车电动化路线图及政策设计时，对这些问题进行提前考量并积极做出应对预案，确保商用车电动化有条不紊地进行。

6.5 配套设施建设

在新能源乘用车的推广过程中，充电基础设施的集中度和使用便利性是制约其推广应用的主要因素之一。商用车的体量和分布密度远低于乘用车，且公交、环卫、邮政等公共领域运营平台有能力建设集中充电站，分散了一部分的充电设施使用压力。不过，新能源商用车依然面临较大的配套设施建设压力，这主要是由于商用车作为营利性运营车辆，长时间处于无休状态，接受长达若干小时的停滞充电状态，对运营者而言难度很大，需要开发出新的充、换电模式；同时，跨城市跨省的长途运输车辆还要求有部分充电设施建设在城市之间，这将增加充电设施建设的成本和难度，这类充电设施的使用效率也无法保证。

加氢站方面，2019 年中国新建加氢站 38 座，共计建成加氢站 66 座，累计投运 46 座²⁵，但正在运营的加氢站几乎都不对外开放，仅供特定的公交车队或运输车队使用²⁶。

《中国氢能源及燃料产业白皮书（2019 版）》²⁷指出，预计到 2050 年氢能在中国能源体

²⁴ 电车汇，<https://tech.sina.com.cn/roll/2020-07-14/doc-iivhvpwx5250535.shtml>

²⁵ 中国氢能联盟秘书处，氢能及燃料电池产业信息简报，2020。

²⁶ 东方财富网，<http://finance.eastmoney.com/a/202006281534694760.html>

²⁷ 中国氢能源及燃料电池产业白皮书（2019 版），2019。

系中将占 10%的份额，届时全国加氢站将达到 1 万座以上，而在 2025 年的近期目标中，全国加氢站预计建成 200 座，在现有基础上实现该目标仍然有较大压力。

表 10 中国新能源汽车产业及基础设施总体目标

类别	现状	近期目标 (~2025)	中期目标 (~2035)	远期目标 (~2050)
新能源汽车销售比例 ^①	4.7% (2019 年)	15-25%	40%	/
燃料电池车 (万辆) ^②	0.6 (2019 年底)	5	130	500
充电桩 (万个) ^③	132.2 (2020 年 6 月)	2000	8000	/
加氢站(座) ^④	66 (2019 年底)	200	1500	10000

资料来源：① 中国汽车工业协会，《节能与新能源汽车技术路线图》；② 《中国氢能源及燃料电池产业白皮书(2019 版)》；③http://www.gov.cn/xinwen/2020-07/17/content_5527862.htm，《中国氢能源及燃料电池产业白皮书(2019 版)》；④ 中国氢能联盟

除在数量上进行规划和整体把控外，国家和地方相关部门也应着手制定和出台充电及氢气加注设施建设规范，为基础设施建设平台和运营提供一定优惠政策，同时充分调动和鼓励社会资本参与并积极创新商业模式。

6.6 地域协同

除公交、环卫、场地作业等固定场景外，其他商用车类往往需要跨区域运营，这就对地域之间的协同提出了较高的要求。为鼓励新能源商用车推广，多地出台了保障措施对电动货车给予通行便利，但不同城市之间存在一定差异，如天津市对由本市核发的纯电动轻型、微型厢式载货汽车和纯电动轻型、微型封闭式载货汽车不受机动车尾号及早晚高峰时段限行限制，在日间进入市区行驶仍需持有专用通行证²⁸；北京市持专用通行证的新能源货车则在 7-9 时和 16-19 时两个高峰时段不能通过五环路及以内道路²⁹。这就要求新能源货车在跨城运营时综合考虑各中转城市的差异化政策，提前做好时间安排。在可能的前提下，也鼓励货运互动密切的若干个城市或区域组成联盟，统一设置新能源商用车的通行政策，提高新能源商用车运营者的使用便利性。

另一个需要考虑的因素，则是上一小节提到的如何在城际和省际道路间建设充、换电设施和氢气加注设施。随着公路网建设的进一步完善，区域间道路组合复杂多样，给

²⁸ 天津公安，<http://ga.tj.gov.cn/tztg/2019-04-03/detail-ihvhiqaw9749832.shtml>

²⁹ 第一电动网，<https://www.d1ev.com/news/qiye/97077>

这些基础设施建设增加了难度。在优化成本和使用便利性的前提下，区域间需要协同合作，对区域主干道内的基础设施建设进行统筹规划，降低新能源商用车运营者的使用焦虑。

总而言之，虽然商用车电动化发展仍处于起步阶段，面临和需要解决的问题还有很多。但中国已经具备了发展商用车电动化的背景环境，而且正在制定和完善相应推广政策。面向 2035 年的《节能与新能源汽车技术路线图（2.0 版）》也为商用车电动化提出了技术和攻关方向。也应注意，在加州《先进清洁卡车法规》中也提到会在法规实施过程中根据市场和技术发展对法规进行重新审视，中国也可以借鉴类似做法，在长期指导政策的基础上设置灵活性机制，使电动化发展目标和路线更加贴合市场实际。