



WHITE PAPER

FEBRUARY 2022

# 加州的清洁柴油机管理方案

作者: Tom Cackette、邵臻颖



[www.theicct.org](http://www.theicct.org)  
[communications@theicct.org](mailto:communications@theicct.org)  
[twitter @theicct](https://twitter.com/theicct)

BEIJING | BERLIN | SAN FRANCISCO | SÃO PAULO | WASHINGTON

**icct**  
国际清洁交通委员会

## ACKNOWLEDGMENTS

This study was funded through the generous support of the Pisces Foundation.

International Council on Clean Transportation  
1500 K Street NW, Suite 650  
Washington, DC 20005

[communications@theicct.org](mailto:communications@theicct.org) | [www.theicct.org](http://www.theicct.org) | [@TheICCT](https://twitter.com/TheICCT)

© 2022 International Council on Clean Transportation

# 目录

1. 总体介绍及概况.....	1
2. 加州的立法基础和减少空气污染的主要管理部门.....	4
2.1. 加州的空气污染管理法规.....	4
2.2. 加州空气资源委员会 (CARB) 的委员会和职员.....	6
2.3. 空气污染防治法规的实施.....	7
2.4. 与加州其他政府部门之间的协作.....	8
2.5. 与其他各州之间的协作.....	9
2.6. 与联邦政府之间的协作.....	9
3. 影响柴油车 (机) 排放的目标和计划.....	11
4. 新生产柴油车 (机) 排放标准——NO <sub>x</sub> 和PM <sub>2.5</sub> .....	13
4.1. 新生产道路柴油卡车和发动机排放标准.....	13
4.2. 新生产非道路柴油移动机械和发动机排放标准.....	16
4.3. 新生产商用港口船舶发动机排放标准.....	18
5. 排放合规与监管.....	19
5.1. 确保重型柴油卡车的在用合规性.....	20
5.1.1. 筛查出在实际使用过程中耐久性和排放不达标的发动机.....	20
5.1.2. 通过质保报告筛查出故障率高的排放控制零部件.....	22
5.1.3. 筛查出排放超标的个别在用卡车.....	23
5.1.4. 由CARB对柴油车 (机) 排放控制管理方案的实施效果进行判定.....	26
5.2. 确保非道路柴油发动机的在用合规性.....	26
6. 在用柴油车 (机) 减排管理方案 (含船舶).....	27
6.1. 加速更新老旧高排放在用柴油卡车.....	27
6.2. 加速更新老旧高排放非道路柴油机械.....	28
6.3. 加速更新柴油冷链运输设备.....	30
6.4. 加速更新老旧商用港口船舶发动机.....	31
6.5. 降低现有远洋船舶的排放.....	33
6.6. 降低在用火车机车排放.....	35
7. 柴油燃料.....	37
7.1. 规格和替代燃料.....	37
7.2. 加州的低碳燃料标准.....	38
8. 温室气体减排.....	40
9. 零排放管理方案.....	45
9.1. 增加零排放中重型卡车的新车销量和使用量.....	45
9.2. 增加零排放非道路车辆和移动机械的销量和使用.....	47
9.3. 零排放道路卡车的燃料补给基础设施.....	47
10. 激励方案.....	49
11. 总结——获得的经验.....	51

# 1. 总体介绍及概况

20世纪60年代以来,加州空气资源委员会(CARB)一直致力于通过减少空气污染来改善民众健康。机动车被是空气污染的主要来源之一,因此加州首先对在其境内销售的新生产乘用车实施了排放标准作为应对机动车污染的第一步。当时,排放标准最关注的首要污染物是碳氢化合物(HC)和氮氧化物( $\text{NO}_x$ ),这两种污染物在温度和阳光的共同作用下会结合生成臭氧。另外,一氧化碳和铅也是当时较为重视的空气污染物。在随后的几十年中,管理部门逐步为其他移动源以及固定源都制定了相应的空气污染物排放标准。

1974年,随着新车氮氧化物排放标准的实施,柴油卡车也被纳入到排放监管的管理范畴。该标准分五个阶段逐步加严,目前的阶段自2010车型年开始实施,同时,加州也要求加严使用更清洁的柴油燃料。

随着科学的进步,人们对空气污染物的毒害性有了更进一步的了解——特别的是对细颗粒物即直径小于或等于2.5微米的颗粒物( $\text{PM}_{2.5}$ )所带来的健康影响以及导致的提早死亡。柴油发动机是细颗粒物的重要排放源,并且发动机排放属于近地面排放,通常会排在人口密集地区。柴油机的氮氧化物排放还会在大气中形成硝酸盐,这是另一种细颗粒物。自1987车型年开始,CARB对新生产重型柴油卡车首次实施了颗粒物(PM)排放标准。该标准经过了三次修订,逐步加严至当前标准水平(当前标准自2007车型年开始实施)。

2000年,CARB根据其制定的柴油机风险降低计划<sup>1</sup>,设定了到2010年将柴油机 $\text{PM}_{2.5}$ 排放量降低75%,到2020年降低85%的目标。从2006年开始,柴油燃料中的硫含量被降至15ppm,以确保尾气后处理装置能够正常运行。2012年,CARB与美国环保局(EPA)共同对用于建筑和农业的新生产非道路柴油机实施了 $\text{NO}_x$ 和 $\text{PM}_{2.5}$ 排放标准。

到了世纪之交,随着车辆排放标准的不断加严,整个加州的一氧化碳空气污染已降至安全水平。无铅汽油的要求也基本上消除了铅作为空气污染物的影响。尽管环境臭氧水平有所改善,但臭氧仍然是一种持久存在的有害污染物。颗粒物方面,随着对细颗粒物的空气质量监测的逐步加强,和对颗粒物所带来的健康影响了解的日渐增长,使得人们开始更加关注如何尽快减少新生产和在用柴油卡车的颗粒物排放,例如为在用柴油车加装颗粒物捕集器(DPF)以及加速淘汰老旧车辆,更换更加清洁的柴油卡车。

到了21世纪,气候变化方面的威胁开始成为一个主要问题。在加州,交通运输是温室气体(GHG)排放的最大来源,2018年乘用车在加州温室气体排放总量中的占比为28%,中型和重型卡车占比为8%。CARB对新生产乘用车采用了全球最严格的GHG排放标准,包括要求必须销售规定数量的零排放汽车(ZEV)。自2014车型年起,美国全国范围内对新生产重型发动机和卡车实施了GHG排放标准。为了加快减少温室

1 加州空气资源委员会“Risk Reduction Plan to Reduce Particulate Matter Emissions from Diesel-Fueled Engines and Vehicles (风险降低计划——降低柴油燃料发动机及车辆的颗粒物排放),”(2000),详见: <https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/classic/diesel/documents/rrpfinal.pdf>

气体排放和促进柴油车更向更清洁的替代燃料车更新换代，加州在鼓励购买清洁汽车和开展清洁汽车试点项目上投入了数十亿美元，以证明零排放货运的可行性。

CARB目前的重点目标是到2035年前后，能将所有城市地区的臭氧、PM<sub>2.5</sub>和有毒空气污染物降低到能够保护公众健康的水平，并在2045年之前将所有道路和非道路车辆转型为零排放，以应对气候变化和进一步减少环境污染。具体而言，零排放转型包括到2035年乘用车新车销售实现100%零排放，到2029年公交客车新车销售实现100%零排放，到2023年重型卡车新车销售实现100%零排放，以及到2027年政府车辆新车销售实现100%零排放。同时，进一步降低中重型柴油卡车和非道路机械的NO<sub>x</sub>、PM和GHG排放并最终实现零排放是实现上述目标所需面临的一项重要挑战。

图1的发展进程线路展示了加州为减少柴油车和柴油机污染所开展的重要行动。

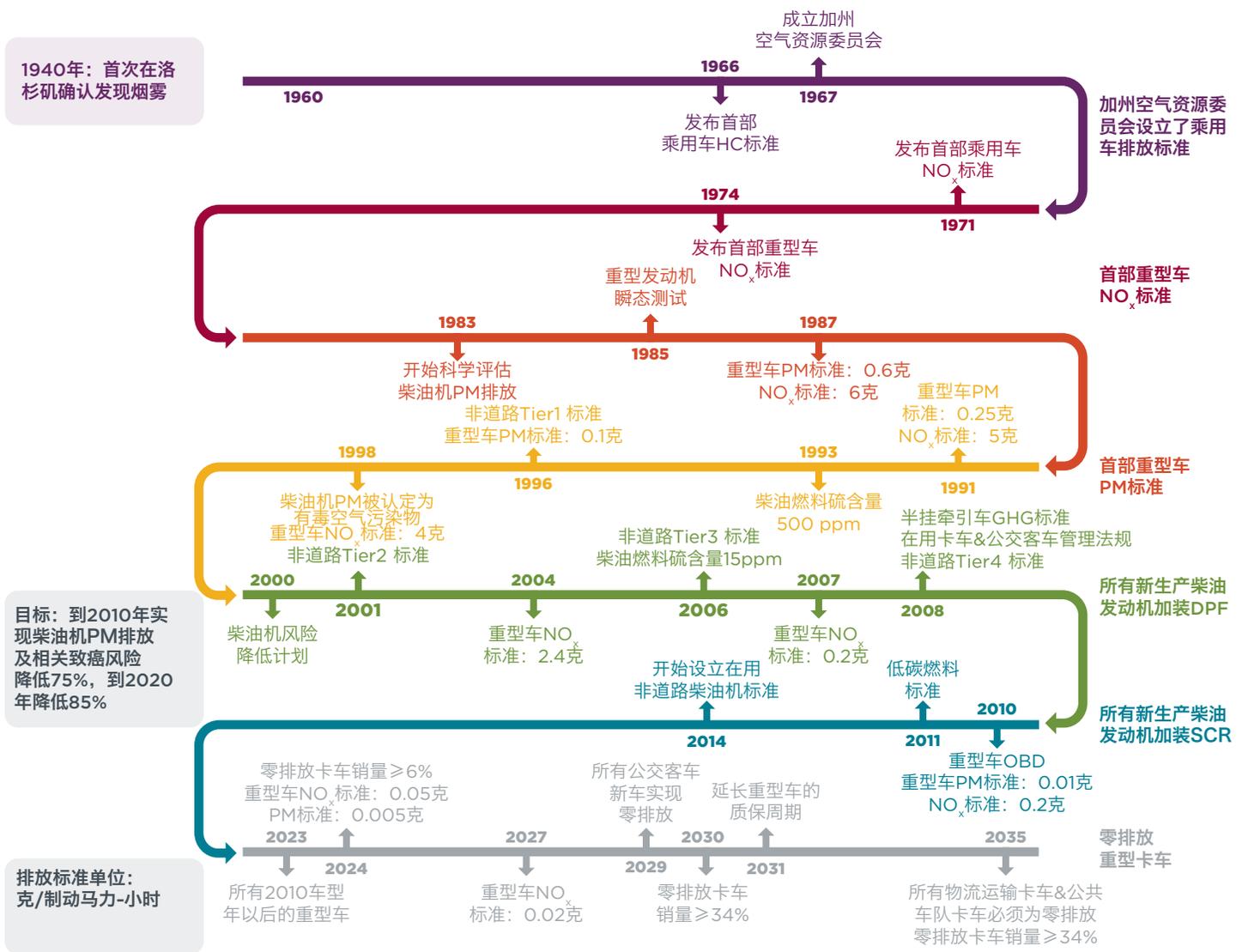


图 1. CARB为降低柴油车（机）排放所采取的重要行动进程

如今, 在加州和美国其他地区, 柴油发动机因其燃油消耗量低, 仍然是重型车 (车辆额定总质量GVWR大于14000磅) 的主要驱动选择。但大多数公交客车, 部分垃圾车和承担最后一英里送货的物流车辆则会比较青睐于天然气, 这主要是因为天然气价格较为便宜且排放较低, 同时天然气中还应用一部分可再生甲烷, 从而减少温室气体排放。在GVWR超过8500磅的中型皮卡和箱式货车中, 约一半装配的是柴油发动机。至于所有大型非道路机械设备, 包括火车、远洋船舶、许多港口船舶以及大型叉车都采用的是柴油机。但与欧洲不同, 在美国销售的柴油乘用车很少, 这在很大程度上是2016年“大众门”排放造假事件所带来的后果。

在本报告中, 我们首先将重点介绍加州为减少所有类型的柴油车 (机) 排放所做出的努力和行动计划。其中, 第2章将讨论加州清洁空气法规的重要性, 以及如何通过法规来支持CARB成功减少空气污染。第3章将举例说明CARB如何制定行动计划和战略, 并通过这些计划和战略来帮助开展污染物减排工作。

本报告的其余部分将介绍CARB为减少柴油车 (机) 排放而制定的各项具体管理方案。其中, 第4章将探讨CARB如何制定新生产柴油发动机和非道路移动机械的NO<sub>x</sub>和PM排放标准。第5章将介绍在用车排放评估规程以及对不合规行为的执法措施。第6章将介绍加速更新淘汰老旧高排放车辆及非道路移动机械的行动计划。第7章将讨论清洁柴油、替代燃料和低碳燃料标准。第8章的内容将转向减少传统柴油车和非道路机械温室气体排放方面的管理计划。第9章将重点介绍CARB都做出了哪些努力来启动向零排放转型这一必然趋势。第10章将介绍加速零排放转型的财政激励措施。第11章则将对前期所获得经验教训进行宏观总结, 并说明如何将这些经验应用于塑造未来的管理发展战略。

## 2. 加州的立法基础和减少空气污染的主要管理部门

20世纪60年代中期, 加州制定了美国第一项机动车排放标准, 来限制新生产乘用车的碳氢化合物 (HC) 和一氧化碳 (CO) 排放。1970年, 联邦政府在《清洁空气法》下为新生产乘用车设立了排放标准, 以避免其他各州各自制定标准, 但由于加州此前已经制定了自己的地方标准, 所以被允许继续这样做。此后, CARB针对所有类型的移动源和燃料制定了多项法规, 确立了其在车辆排放控制方面的领先地位, 并使加州成为了新兴技术的试验场。EPA也经常会在美国全国范围内采用CARB制定的加州标准, 两个管理部门之间的协作是十分紧密的。

通过年度预算流程, 州议会会向CARB提供资源, 以实施和管理CARB有效减少机动车污染的各项基本工作框架。在2021-2022财政年, CARB的总预算额为11亿美元, 其中约85%的经费来自与机动车缴纳的各类费用、罚款和加州的限额交易基金<sup>2</sup>。CARB的支出约为2021年EPA总预算额 (66.6亿美元) 的六分之一。

### 2.1. 加州的空气污染管理法规

开展行动减少空气污染和温室气体排放的权力来自于州议会和州长, 法案在州长签署后经议会通过正式成为法律法规, 同时州议会还授权为实施法律法规提供财政支持。这类法律法规既可以提供纲领性授权, 例如授权CARB负责空气污染物减排, 也可以设立具体的目标, 例如要求加州公共服务部门在2045年以前实现100%可再生能源发电。清洁空气法还可以提出制定计划的要求, 例如制定当前和未来的柴油车排放控制战略计划。有时, 法律法规本身已经具有了很强的约束性, 包含了充分的细节规定, 执行部门只需要制定很简单的管理方案或根本不需要额外制定管理方案。比如加州的《乘用车定期检测 (烟度检测) 管理方案》就是这样一个例子, 该方案由加州消费者事务管理局负责实施。

有时州长可能会发布行政令, 指导相关部门开展法律法规中没有明确提出的行动, 例如设定2045年加州经济体实现碳中和的目标<sup>3</sup>。CARB会对管理法规和行动计划开展实施效果评估, 并提出反馈意见以进一步改善管理法规, 特别是一些较为复杂的法规, 例如降低柴油车和非道路移动机械排放的相关管理法规, 这类法规很难在实施初期就呈现出100%的成效, 实践反馈对于提高管理法规的有效性是非常重要的。

2 加州财政局, “2021-2022 Governor’s Proposed Budget, Environmental Protection Agency” (2021-2022年州政府预算——环保局) (2021年1月4日, ), 详见: <http://www.ebudget.ca.gov/2021-22/pdf/GovernorsBudget/3890.pdf>

3 <https://www.ca.gov/archive/gov39/wp-content/uploads/2018/09/9.10.18-Executive-Order.pdf>

图 2显示了加州当局如何推进相关机构采取的具体行动步骤, 以减少空气污染和气候排放。

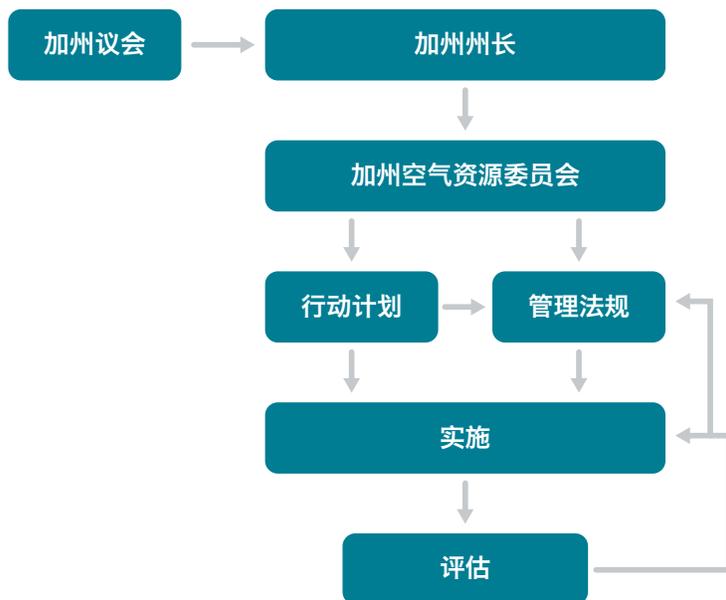


图2. 加州法律当局采取行动减少排放

CARB的减排管理方案是基于加州《健康与安全条例》中所赋予的授权, 1976年《清洁空气法》中进一步明确了该减排方案的目标。《健康与安全条例》为CARB开展必要的清洁空气行动措施提供了整体性授权(详见加州《健康与安全条例》第39003和39602.5章节)<sup>4</sup>。该法规还要求CARB制定管理方案, 以最大限度地减少公众接触到有毒空气污染物(《健康与安全条例》第39667章节), 管理柴油机颗粒物排放的授权也是来自于这些章节。

加州法律特别授权CARB为所有类型的机动车制定排放标准, 包括在用合规性标准及燃料标准(《健康与安全条例》第43013章节)。2002年,《健康与安全条例》要求CARB制定减少机动车温室气体排放的管理法规(《健康与安全条例》第43108.5章节)。根据规定, 新车和发动机的排放标准必须切实可行且具有成本效益, 不过这并不意味着制定排放标准必须基于现有成熟技术。相反, CARB在制定排放标准时会基于尚未完全开发但具有巨大应用前景的新兴技术(《健康与安全条例》第39602.5(b)章节)。通过这种技术推进的方式设定出的标准会给车辆生产企业和零部件供应商带来挑战, 迫使他们加强技术创新, 同时还要为先进技术的开发和验证留出足够的时间。汽车生产企业之间的竞争, 或者说是担心竞争对手捷足先登的心理, 激发了生产企业去执行更加严格的标准。技术推进式的标准制定模式加速了新技术的应用, 为实施更加严格的标准提供了可能。如果实践证明CARB的判断过于乐观激进, 则会推后标准实施日期, 不过这种情况很少会发生。

4 《健康与安全条例》(HSC)所包含的后续参考章节详见: [https://leginfo.legislature.ca.gov/faces/codes\\_displayexpandedbranch.xhtml?tocCode=HSC&division=26.&title=&part=&chapter=&article=&nodetreepath=31](https://leginfo.legislature.ca.gov/faces/codes_displayexpandedbranch.xhtml?tocCode=HSC&division=26.&title=&part=&chapter=&article=&nodetreepath=31)

加州法律特别强调了柴油机的排放问题，要求CARB迅速减少柴油车NO<sub>x</sub>排放（《健康与安全条例》第43013(h)章节）。法规同时还要求CARB每三年评估一次柴油车（机）排放控制法规的执行情况，并针对当前现状和未来的管理需求制定战略计划，从而最大程度的推动排放合规（《健康与安全条例》第43011.5章节）。

此外，州议会还要求排放控制装置及其性能在规定期限内得到保证，如果车辆生产企业的排放控制部件存在缺陷或未能通过在用车排放测试，则车辆生产企业应在质保期内支付维修费用（《健康与安全条例》第43204章节）。联邦法律要求空气污染严重的州对所有登记注册的乘用车开展在用车定期排放监测。加州法律中禁止车辆操控人员或维修站点拆除或篡改车辆排放控制装置或系统（《车辆管理条例》第27156章节）<sup>5</sup>。法律授权CARB有权进入将机动车以商业用途使用的物业建筑，以确定车辆是否被篡改或不当添加燃油（违规车辆每辆车罚款1500美元，《健康与安全条例》第43008.6章节）。

上文提及的各项法律条款赋予了CARB开展具体行动的权力，以减少柴油发动机和车辆的排放，表1总结了其中的部分措施。

表1. CARB在减少柴油车（机）排放方面所获得的授权

生产前	生产环节	生产后	其他
制定排放标准	生产线测试	生产企业进行便携式排放测量系统PEMS测试	柴油燃料规格
订立测试规程	生产线审核	质保报告	替代燃料规格
申请要求		电子控制单元ECU存储NO <sub>x</sub> 数据	低碳燃料标准
测试结果 ≤ 标准限值		CARB开展实地检查	管理层面的购买鼓励措施
耐久性验证		CARB开展在用车测试	
车载诊断OBD核准		召回不合规车辆	
缴纳认证费用		对不合规行为予以处罚	
CARB核准要求		篡改数据违法行为	
		定期检测	

## 2.2. 加州空气资源委员会 (CARB) 的委员会和职员

CARB出台管理法规需要由14名委员组成的委员会投票通过。其中12名委员是由州长任命的，另外两名则由参众两院各任命一人。委员的任期为六年，主席是其中唯一的委员会全职成员，其他成员均为兼职，通常来自当地空气污染管理部门或是公共卫生、汽车工程或法律领域的专家。法规投票流程在每月一次的公开会议上进行，鼓励公众听证和提供意见。一项法规需要多数委员投票同意才能得以通过。

CARB拥有约1500名职业公务员，由一名执行长官负责管理并向委员会定期进行工作汇报。大多数职员是具有高等学历的工程师和科学家，另外CARB还拥有多个实验室。

<sup>5</sup> [https://leginfo.ca.gov/faces/codes\\_displaySection.xhtml?lawCode=VEH&sectionNum=27156](https://leginfo.ca.gov/faces/codes_displaySection.xhtml?lawCode=VEH&sectionNum=27156)

CARB工作人员的职责是完善已有管理法规、与相关部门协调互动以及向委员会提出新的法规议案。委员会已将管理、实施和监管的责任都委托给了员工。这提高了实施排放控制管理的效率，减少了在执法等问题上出现政治干预。

### 2.3. 空气污染防治法规的实施

加州的法律还赋予了CARB全方位的执法权力。例如，如果生产企业违反了排放标准且未能采取包括召回在内的纠正措施（《健康与安全条例》第43105章节），则不得在加州销售新机动车。新车或发动机必须经CARB认证符合排放标准和要求，才能投放市场（《健康与安全条例》第43100、43102（a）章节）。获得认证的生产企业还应对产品的在用合规性负责，就重型柴油车而言，持有车辆认证的是发动机生产企业，而对于乘用车而言，持有车辆认证的则是车辆生产企业<sup>6</sup>。《健康与安全条例》赋予CARB制定在用车排放标准的权力（《健康与安全条例》第HSC 43013章节），并规定车辆在规定的使用周期内必须符合排放标准要求。CARB可以对车辆进行合规测试，并可召回排放控制装置或排放性能不达标的车辆组别（《健康与安全条例》第43105章节）。召回后的修理或升级责任及费用由生产企业承担。任何违反《健康与安全条例》中空气污染物相关管理规定的机动车都可能会面临无法登记注册（《车辆管理条例》第4750和4755章节）。

在加州法规中还规定了CARB可以对违法车辆处以的最高罚款金额（37500美元，《健康与安全条例》第43106章节），对于销售未经认证的新车的违法行为可处以最高37500美元的罚款（《健康与安全条例》第43211章节），对于运输或销售不合规燃油的违法行为，也可以予以处罚，罚金金额由具体违法行为决定（《健康与安全条例》第43025-43031.5章节）。

CARB在其《2017年度执法报告》的附录J中提供了CARB各项管理方案的综合处罚清单和预计处罚额<sup>7</sup>，同时还列举了具体执法行动措施和处罚案例。

需要注意的是，执法行动是由CARB的执法人员决定的，他们属于公务员。CARB委员会的成员是政治任命的，并不参与执法行动。CARB的工作人员首先会调查和确认是否发生了违法违规行为，发布违法通知，并约谈被告方讨论事实情况和处罚金额。在法律规定的最高罚款额度范围内，CARB的执法人员可以决定处罚金额，裁定依据主要是判定违法违规行为是否存在故意性质，是由于合规性控制不严，还是仅仅是一个失误。如果违规企业在被管理部门发现之前已经通过测试和自查发现了违法违规问题并向CARB进行了报告，则有可能被处以较低额度的罚款，这样做就鼓励了企业对违法违规行为的主动报告。

大多数违规行为可通过双方协调和解，并与违规方签订协议，以替代诉讼处理。1998年的重型柴油车违规和解方案和2016年的大众柴油轿车失效装置违规和

6 对于GVWR小于10,000磅的乘用车，合规性测试是在底盘测功机上进行的，因此由车辆生产企业申请并获得认证证书。对于重型柴油发动机，合规性测试是基于发动机台架实验，因此由发动机生产企业申请并获得认证证书。对于温室气体，发动机生产企业将获得认证，而卡车生产企业也需要根据车型特征（发动机和车辆特征，包括空气动力学特征等）来申请并获得认证。

7 [https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2020-06/2017\\_enf\\_annual\\_report\\_R.pdf](https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2020-06/2017_enf_annual_report_R.pdf) 详见附录J和B。

解方案就属于这样的案例<sup>8</sup>。几乎所有的和解协议都包括向加州政府支付罚款。和解方案还可能包含清洁空气管理法规中未规定的一些措施,例如由违规方直接出资设立补充环境改善项目(SEP),以抵消由于违法违规行为导致的污染排放。违规方不得从补充环境改善项目中收益,并且这类项目的投入总额不得超过和解方案处罚总价值的50%<sup>9</sup>。

## 2.4. 与加州其他政府部门之间的协作

1991年,州议会成立了加州环保局(CalEPA),负责管理其他环境污染问题以及与其他部门进行协调。例如,CARB负责管理汽油分配过程中所产生的蒸发排放,而可能影响蒸汽排放量的地下汽油储罐则是由水资源控制委员会管理,因此需要进行工作协调。

CARB的监管授权在很大程度上独立于加州环保局,但在气候变化等方面的问题上,加州环保局会负责为其内部的所有部门提供指导和监督,以期减少全加州的温室气体排放和气候影响。加州环保局会发布年度报告,记录加州为减少温室气体排放而采取的行动,以及说明这些行动如何贴合加州的发展目标,为公众和州议会提供了一份清晰的进展评估。此外,加州环保局还与州政府的商务与经济发展办公室合作,制定零排放汽车在加州的市场推广计划。

CARB与加州能源委员会在技术和能源效率方面密切合作。该委员会负责牵头为零排放电动汽车和氢燃料车提供充电和加氢基础设施。公用事业委员会负责管理投资者拥有的电力设施,以及努力推进发电环节的减排,向碳中和目标迈进。目前,公共事业委员会已授权电力部门为安装零排放重型车充电设施提供财政支持。加州的车辆烟度检测管理则由车辆事务管理局单独负责,CARB在这方面几乎没有任何授权或控制手段。

加州法律还设立了30多个本地的空气污染控制区(APCD)。这些地区由各地选举产生的官员(如郡县督察员)组成的委员会来进行管理。CARB负责协调空气污染控制区开展相关措施,以达到环境空气质量标准。这些控制区也会对固定源和间接源(如购物中心)的排放实施管理,各控制区需要定期出台行动计划,以满足EPA设定的美国国家环境空气质量标准。CARB会与各污染控制区开展合作,协同制定行动计划中的移动源部分,通过减少车辆出行和改善城市规划来减少温室气体排放。一些污染控制区会协助CARB执行在用机动车管理,还有一些会帮助实施加州的财政激励计划,通过推进车队现代化来降低排放。

图3说明了加州和地区主要政府部门在减少柴油车(机)空气污染方面的职能交互和主要职责。

8 1998年,EPA、司法部、CARB和发动机制造商(卡特彼勒、康明斯、底特律柴油机、沃尔沃、麦克卡车/雷诺和Navistar)就重型柴油机在某些驾驶模式下使用发动机下产生的高氮氧化物排放问题达成了法庭和解,对这些公司处以8,340万美元的民事罚款。此外,EPA要求这些公司引进新的更清洁的发动机,改造或改装旧发动机以达到更清洁的排放水平,召回所有安装了现有失效装置技术的车辆和发动机,并进行新的在用排放测试。两家公司在环境执法历史上最大的和解上总共花费了超过10亿美元。2016年,大众因涉嫌违反《清洁空气法》的民事行为而支付了28亿美元的刑事罚款和14.5亿美元的民事罚款。对于加州,大众支付了1.54亿美元的罚款,设立了4.22亿美元的信托基金来抵消其车辆排放的超量氮氧化物排放,设立了8亿美元的基金来减少电动汽车充电基础设施,回购了大约80,000辆无法改装以满足排放标准,并向车主每人支付数千美元,赔偿对他们的误导(让消费者误以为这些车辆是清洁的)。

9 <https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2018-06/Supplemental%20Environmental%20Projects%20Policy.pdf>

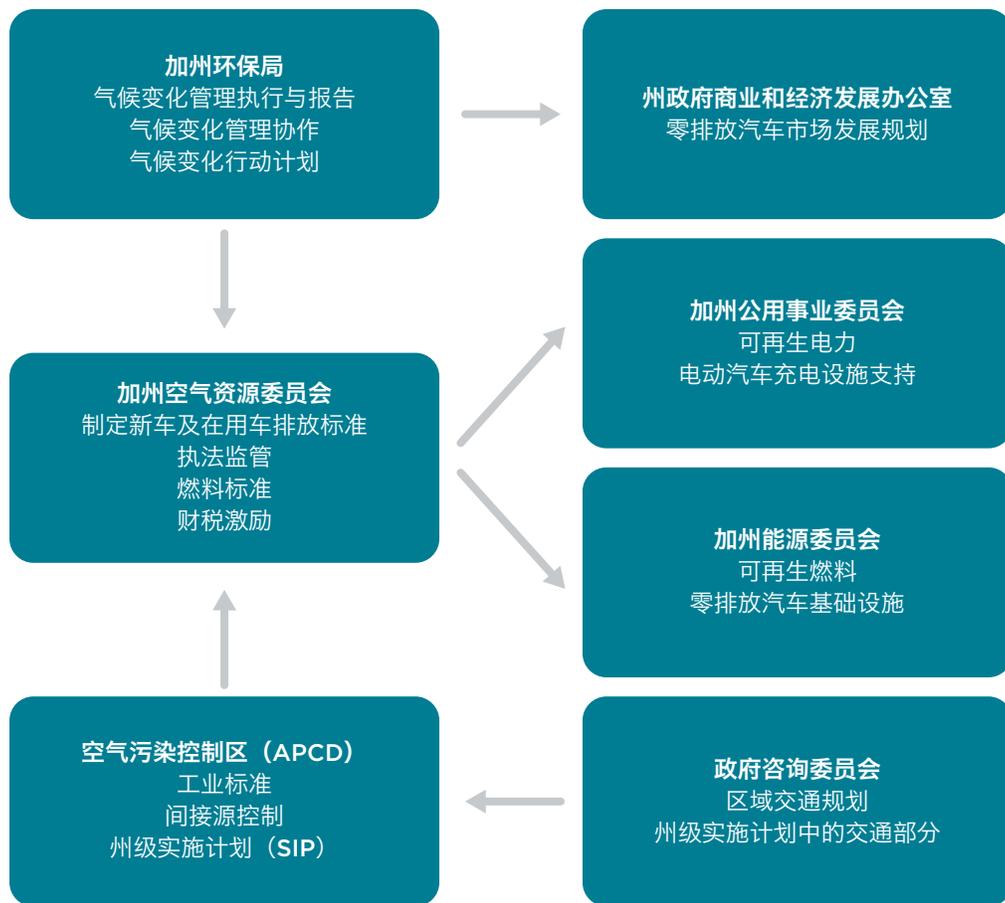


图 3. 加州和地区管理部门在减排领域的职能交互

## 2.5. 与其他各州之间的协作

根据美国联邦《清洁空气法》的规定，存在长期空气污染问题的州可以选择要求在本州销售的车辆执行EPA标准或CARB标准。目前，共有14个州采用了加州标准，涉及车辆数量占全美乘用车销量近40%<sup>10</sup>。加州在政治和民众层面都为清洁汽车标准提供了稳定的支持，而对于联邦而言，降低排放的努力有时会因政治原因而停滞不前。CARB向采用CARB标准的州提供技术和合规管理信息，从而为实施加州标准的其他各州减轻了管理资源需求压力。对于采用CARB标准的其他州而言，其最主要的责任就是确保新车经销商不销售不符合标准的车辆。目前还有另外三个州也正在考虑采用CARB的乘用车标准，并且有几个州已经开始考虑采用CARB最近出台的重型卡车标准，这些标准均比EPA的要求更为严格。

## 2.6. 与联邦政府之间的协作

《清洁空气法》中规定了各州在控制空气污染方面的许多责任和义务，如果一个州未能履行其义务，EPA可能会对其实施制裁。例如，要求各州在规定日期前提交证明其

<sup>10</sup> 这14个州包括：科罗拉多、康涅狄格、特拉华、缅因、马里兰、马萨诸塞、新泽西、纽约、俄勒冈、宾夕法尼亚、罗德岛、佛蒙特、华盛顿、弗吉尼亚以及哥伦比亚特区。明尼苏达、内华达和新墨西哥州也已经开始着手采用加州标准，但特拉华和宾夕法尼亚未采用CARB的零排放汽车（ZEV）要求。

辖区能够达到美国国家环境空气质量标准的计划方案。如不这样做可能会导致联邦交通拨款被暂扣。

CARB必须申请EPA放弃与新机动车排放标准相关的各项法规的优先制定权。联邦法律规定,只有当CARB在制定标准时过于武断或反复无常,或者不需要标准来减少空气污染,又或标准和执法方案与《清洁空气法》相冲突的情况下,EPA才能拒绝放弃优先制定权<sup>11</sup>。CARB在过去50年中几乎每一次要求EPA放弃标准法规优先制定权的申请都得到了批准,行政记录清楚地表明,EPA在技术可行性和成本等问题上是信服CARB的判断的。

对于新生产乘用车、多款非道路小型发动机以及船舶,CARB经常会率先制定更为严格的排放标准。EPA则更多是牵头制定重型柴油卡车和大型非道路柴油机械的标准。如果CARB认为由EPA率先制定的管理法规足够满足加州的空气质量需求,CARB也可以直接采用EPA的标准,以便CARB能够在加州独立实施该法规。两家管理部门的技术人员会分享他们的实验室测试结果,并在执法行动上进行协作,如1998年的重型卡车执法行动和“大众门”轿车失效装置的执法行动。两家管理部门还会协作开展召回执法,以避免对问题车型进行重复测试。

CARB经常会推动EPA制定能够给加州民众带来收益的国家标准。例如,加州和其他州已经为应对气候变化和推动零排放汽车发展制定了更为协同且更为严格的目标。而在加州重型卡车排放的氮氧化物中,约有一半来源于未在加州登记注册的州际商用卡车,因此CARB必须依靠EPA来减少此类排放。由于联邦政府具有优先管理权,CARB无法管理某些污染物排放源,例如新生产火车机车。EPA的工作人员经常会对加州的需求做出回应,特别是针对那些在加州境内却属于联邦管辖范围的高排放车辆或移动机械,这些车辆和机械会影响加州达到联邦规定的环境空气质量标准。来自加州的压力有助于加速美国从全国层面为减少空气污染和温室气体排放做出努力。

---

<sup>11</sup> 其中第三条是指CARB的认证测试规程必须与EPA的测试规程具有足够的一致性,这样就可以不要求对不同车辆进行测试以证明其可以满足EPA和CARB标准。联邦关于加州管理豁免的相关表述详见: <https://www.law.cornell.edu/uscode/text/42/7543>。

### 3. 影响柴油车（机）排放的目标和计划

多年来，加州州长和州议会针对环境空气质量标准和气候变化制定了多项高水准目标。2007年，州议会在指示 CARB 采取必要行动，以满足联邦环境空气质量标准的要求，该标准对“清洁健康的空气”进行了定义并规定了具体的达标期限（《健康与安全条例》第39602.5章节）。2018年，州长行政令发布，要求 CARB 和加州的其他管理部门最晚于 2045 年实现加州的碳中和目标（EO B-55-18号行政令）。

针对车辆领域，加州制定了更为具体的目标，包括州长在2020年发布的行政令（第 EO-79-20号行政令）中所提出的：到2045年中重型车队100%实现零排放转型，以及到2035年非道路车辆和移动机械100%实现零排放转型。

在执行环节，CARB员工通常会制定一份战略行动计划呈交给CARB委员会，行动计划会在公开的听证会上进行批准。其中部分行动计划关系到柴油车（机）排放，具体包括：

**州级实施计划。**根据联邦法律的要求，CARB委员会应采取措施减少城市排放，从而使整个加州达到联邦清洁空气标准。道路和非道路柴油发动机既是NO<sub>x</sub>的最大排放源，同时也是近地面有毒物质PM<sub>2.5</sub>的重要贡献源<sup>12</sup>。

**定期规划。**在实现气候目标（包括所有温室气体排放源）的过程中所需每五年更新一次行动路线规划方案<sup>13</sup>。

**移动源战略。**该计划确定了CARB未来可以采取哪些行动来减少车辆NO<sub>x</sub>和PM<sub>2.5</sub>排放，以及降低GHG、实现气候目标所需开展的行动<sup>14</sup>。

**柴油机风险降低计划。**该计划于2000年出台，确定了需要通过哪些排放控制措施来降低与柴油机颗粒物相关的癌症风险，并设定了到2010年将柴油PM排放量减少75%和到2020年减少85%的目标<sup>15</sup>。该计划引出了一项针对在用卡车和公交客车的管理要求，即要求在老旧卡车上加装颗粒物捕集器并加速淘汰老旧柴油卡车，将其更新为2010车型年以后的新车型。

**可持续货运行动计划。**2016年出台的一项计划汇集了加州所有管理部门的力量，致力于提高货运领域的效率，提高竞争力，并推动货运车辆和设备向零排放或近零排放转型<sup>16</sup>。

<sup>12</sup> <http://www.aqmd.gov/docs/default-source/clean-air-plans/air-quality-management-plans/2016-air-quality-management-plan/final-2016-aqmp/final2016aqmp.pdf> 计划于2022年更新。

<sup>13</sup> [https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/classic/cc/scopingplan/scoping\\_plan\\_2017.pdf](https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/classic/cc/scopingplan/scoping_plan_2017.pdf) 计划于2022年更新。

<sup>14</sup> [https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2021-04/Revised\\_Draft\\_2020\\_Mobile\\_Source\\_Strategy.pdf](https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2021-04/Revised_Draft_2020_Mobile_Source_Strategy.pdf) 本文介绍了在2016年战略基础上的修订计划，委员会将于2021年底考虑修订事宜。

<sup>15</sup> <https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/classic/diesel/documents/rrpfinal.pdf>

<sup>16</sup> [https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2019-10/CSFAP\\_FINAL\\_07272016.pdf](https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2019-10/CSFAP_FINAL_07272016.pdf) 如前文所述，本文中所提到的零排放目标已经被政府部门做了更激进的更新。

**零排放汽车市场发展战略。**在先前出台的三项零排放汽车行动计划的基础上, 该战略于2021年由州政府商业和经济发展办公室通过, 随着零排放汽车市场的迅速扩大, 该计划为所有加州居民提供了一个框架体系, 使零排放车辆、零排放充电基础设施的发展与私人投资、用户数量和劳动力水平发展保持一致<sup>17</sup>。

---

<sup>17</sup> [https://static.business.ca.gov/wp-content/uploads/2021/02/ZEV\\_Strategy\\_Feb2021.pdf](https://static.business.ca.gov/wp-content/uploads/2021/02/ZEV_Strategy_Feb2021.pdf)

## 4. 新生产柴油车（机）排放标准——NO<sub>x</sub>和PM<sub>2.5</sub>

**管理目的。**基于未来几年可应用的最佳排放控制技术，通过技术推进式的排放标准来降低新生产重型车和发动机的排放。CARB的首要任务是减少柴油机的NO<sub>x</sub>和PM<sub>2.5</sub>排放，因为这两种污染物会导致臭氧和细颗粒超出环境空气质量标准，并且柴油机所排放的颗粒物属于致癌物，而柴油车的挥发性有机化合物和一氧化碳排放是相对较低的。至于降低重型车温室气体排放的内容，我们将在第8章中具体讨论。

### 4.1. 新生产道路柴油卡车和发动机排放标准

**背景。**加州自1974车型年开始对重型卡车发动机实施排放标准，管控项目包括氮氧化物、碳氢化合物和不透光烟度。管理部门于1985年制定并采用了新的发动机瞬态测试，并且有越来越多的证据表明柴油机排放具有致癌性，因此在随后的1987年首次在标准中纳入了颗粒物排放质量限值<sup>18</sup>。到了20世纪90年代，CARB开始将其制定的标准与EPA的标准（公交客车除外）协同一致，形成了全国统一的标准。

此后，又制定了一套新的测试工况（RMC-SET），以便更好的代表稳态郊区工况和高速运行工况，同时添加了NTE试验和标准，NTE试验和标准便于应用于在用车，以确保在瞬态发动机试验之外的其他运行工况下也能有效控制排放<sup>19</sup>。之所以采用上述这些新测试要求，是因为在执法行动中发现存在发动机在持续稳态运行期间NO<sub>x</sub>排放升高的问题，而认证时的瞬态排放测试并不能有效体现这种持续稳态运行工况。这个例子说明了对道路车辆和发动机开展测试和评估能够有效改善监管中所存在漏洞，从而更好地确保合规性和减少在用车排放（更多内容详见第5.1.4节）。

在上述执法行动开展之后的几年中，定期加严NO<sub>x</sub>和PM排放标准带动了新技术的广泛使用，如20世纪90年代初开始推广应用的发动机参数电控技术，2007年开始推广应用的颗粒物捕集器以及2010年开始推广应用的NO<sub>x</sub>控制技术（选择催化还原，SCR）。自2006年开始，加州全境还要求使用超低硫柴油燃料，从而为新型后处理装置提供保护。此外，加州还出台了一项NO<sub>x</sub>怠速排放标准。

自管理之初，就要求所有重型卡车发动机在开始销售之前必须证明发动机在整个使用寿命周期内的排放耐久性，也就是说在整个使用寿命周期内必须能够符合排放标准，并要针对排放控制缺陷提供质保<sup>20</sup>。

此外，CARB还从2008车型年开始对重型车发动机实施车载诊断（OBD）要求。对于2013车型年以后的发动机，OBD要求会大幅扩展，需要监控几乎所有排放相关硬件的性能，包括颗粒物捕集器和SCR系统。如果车上的尿素水溶液（SCR催化器在还原NO<sub>x</sub>的过程中需要尿素）储罐已空（需要定期重新加注），或者系统由于故障或篡

<sup>18</sup> <https://ww2.arb.ca.gov/resources/summary-diesel-particulate-matter-health-impacts>

<sup>19</sup> RMC-SET工况的具体测试和达标管理规程详见40CFR 86.1362，NTE测试详见40CFR 86部分T子部分。需要注意的是，CARB已经不再认可NTE测试的有效性并将从2024年开始改为采用3B-MAW测试，详见5.1.1节中关于新测试的内容。

<sup>20</sup> “使用寿命周期”是由管理法规规定的使用期限，通常会低于发动机平均使用寿命。目前针对大型柴油发动机的规定周期为43.5万英里，大约是发动机实际使用周期的一半。从管理趋势来看，对所有车型的使用寿命规定都会延长，使其更贴合实际使用寿命，最近对重型公交客车的寿命周期进行了延长，从现在的规定加严到2027车型年的600,000英里以及2031车型年的800,000英里。

改因素而无法向催化器中喷射尿素, 根据CARB的要求, 在监测到上述情况时需降低发动机功率甚至不允许发动机再次启动。

图4展示了新生产道路重型柴油机NO<sub>x</sub>和PM排放标准逐步加严的进程。

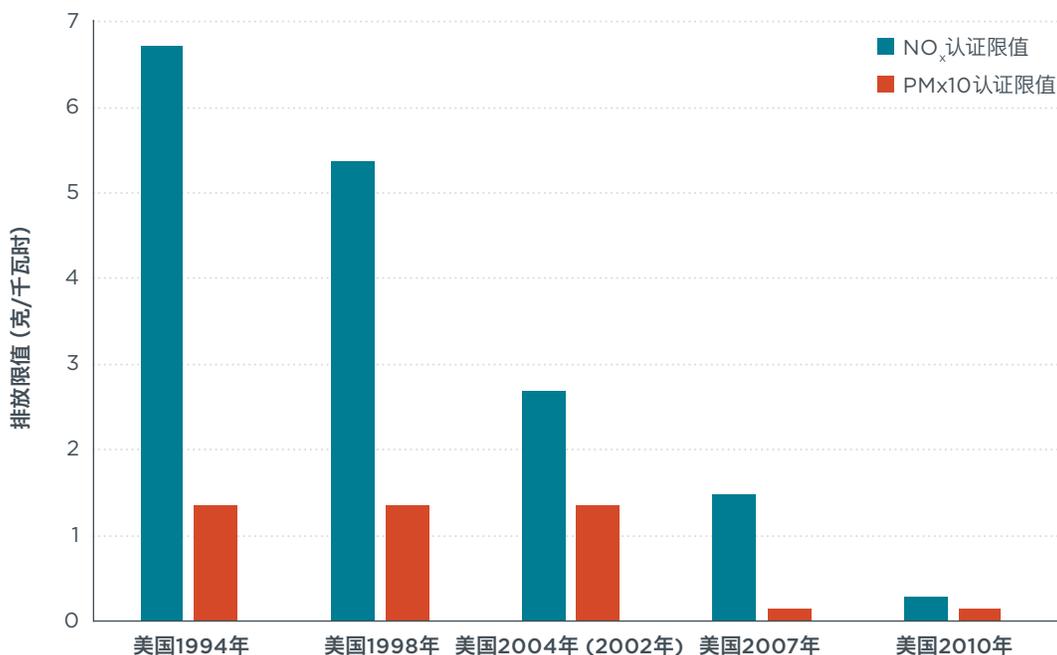


图 4. 新生产重型柴油发动机的氮氧化物 (NO<sub>x</sub>) 和颗粒物 (PM) 排放标准

**现状和未来。**2020年, CARB对新生产重型卡车出台了更为严格的新排放标准和认证要求<sup>21</sup>。新的NO<sub>x</sub>标准将于2024年开始实施, 要求NO<sub>x</sub>排放减少75%, 到2027年进一步加严至NO<sub>x</sub>排放减少90% (详见表2)。NO<sub>x</sub>怠速标准从现在每小时NO<sub>x</sub>最大排放值30克, 降至2024-2027车型年的10克, 以及2027车型年以后的5克, 或者满足怠速五分钟后使用定时器关闭发动机的要求。所有发动机生产企业均需遵守怠速排放限值, 在每辆卡车上会设有一个标签, 说明其执行的怠速排放标准, 这有助于加强标准的执行效果。

在进行在用车测试的过程中发现当发动机处于低负载和低转速运行状态时, SCR催化器会由于尾气温度过低而失效, 这在城市行驶中可能很常见。为了解决这一导致NO<sub>x</sub>超标排放的问题, CARB采用了新的低负载测试循环, 并附带了NO<sub>x</sub>标准。这将确保排放控制系统在城市行驶工况下保持高度有效。表2展示了修订后的最新排放标准。

21 <https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/classic/regact/2020/hdomnibuslownox/isor.pdf>

**表2. 道路重型发动机未来几年的排放标准**

车型年	瞬态测试 克/制动马力-小时		低负载测试 克/制动马力-小时	怠速标准 克/小时
	NO <sub>x</sub>	PM	NO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>
目前	0.20	0.01	—	30
2024	0.050	0.005	0.200	10
2027	0.020	0.005	0.050	5

认证要求也已经进行了修订，延长了对使用寿命周期的要求，在使用寿命周期规定范围内必须符合排放标准要求。修订后的使用寿命周期设置为发动机平均更换周期总里程的94%，质保周期也从现在的50%延长到了使用寿命周期的75%<sup>22</sup>。表3展示了最新的使用寿命周期和质保周期要求。

**表3. 未来几年对于GVWR大于33000磅的重型卡车的耐久性和质保周期要求**

车型年	耐久性要求 (使用寿命周期)		质保周期	
	年数	英里	年数	英里
目前	10	435,000	5	100,000
2022	10	435,000	5	350,000
2027	11	600,000	7	450,000
2031	12	800,000	10	600,000

认证环节的耐久性验证规程也有所加强，例如，延长SCR的老化规程要求，以及要求每家生产企业从ECU收集并报告20%的发动机在其使用寿命周期内的排放相关参数，以便更好地发现劣化故障隐患。上述做法的目的是找出耐久性验证过程中未发现的故障问题，从而减少在用车故障。

图5展示了在新排放标准和合规管理要求的双重作用下加州车队的整体NO<sub>x</sub>减排预期。减排将减少环境空气中的臭氧和细硝酸盐颗粒<sup>23</sup>。需要注意的是，加严PM排放标准并不会直接带来柴油机颗粒物减排，因为认证排放率是低于目前和未来的新排放标准的<sup>24</sup>。

22 延长使用寿命周期和质保周期是基于发动机更换周期的调查数据，也就是发动机是实际使用寿命。表中的数据将从2031车型年开始对大型重型卡车发动机实施（GVWR>33000磅），自2027年开始使用寿命和质保周期会有小幅延长。对于小型和中型重型卡车发动机，寿命和质保周期也会做出类似比例的延长调整。

23 <https://ww3.arb.ca.gov/regact/2020/hdomnibuslownox/isor.pdf>

24 加严PM标准的目的是为了防止未来用于满足新NO<sub>x</sub>标准的排放控制技术导致尾气PM排放升高。

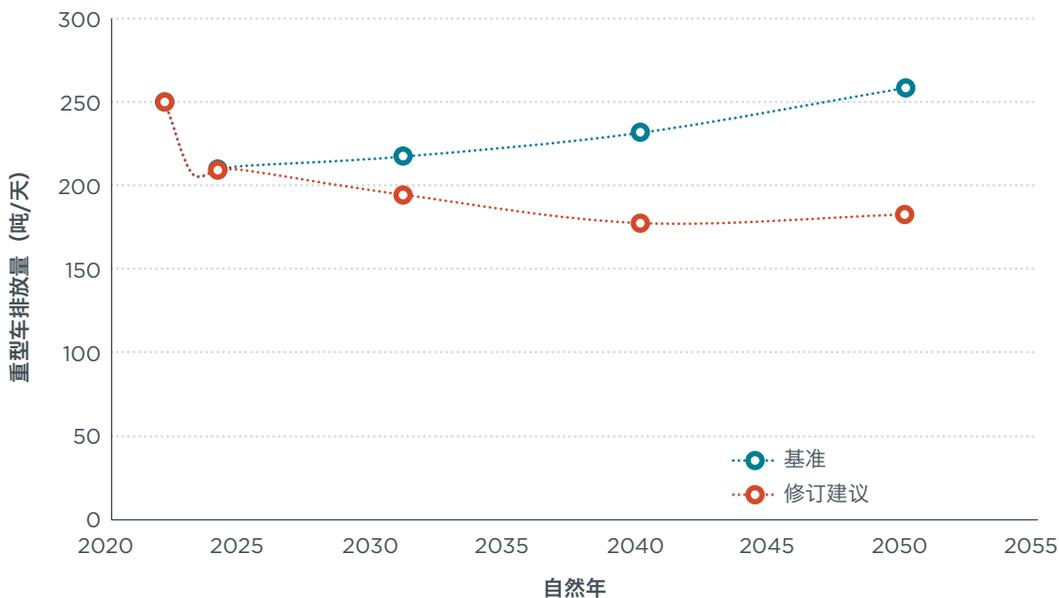


图5. 重型卡车发动机在新排放标准下的NO<sub>x</sub>减排量

在进行货币化折算后，新标准所能带来的健康收益与合规成本之间的比例为8.2比1。

## 4.2. 新生产非道路柴油移动机械和发动机排放标准

**背景。** CARB出台的第一项针对新生产非道路柴油机的排放标准（130kW以上），自1996车型年开始实施。《清洁空气法》（1990年修订版）禁止加州对130kW以下的新生产非道路柴油机进行管理。该标准将NO<sub>x</sub>排放减少了约50%，随后CARB还出台了更加严格的标准，称为Tier 2标准，自2000车型年开始实施。1998年，EPA出台了Tier 2和Tier 3标准，自2001车型年开始实施，比CARB所制定的标准更为严格。因此，CARB将其标准修订为与EPA的标准协同一致，为在美国销售的非道路柴油发动机制定了一套统一的排放限值。标准和实施日期因发动机功率而有所不同，大多数Tier 2和Tier 3发动机不需要加装尾气处理系统就能够满足HC、CO、NO<sub>x</sub>和PM标准要求。目前对于非道路柴油机的认证管理要求（如耐久性验证和质保）也与目前道路重型柴油发动机的认证要求类似。表4总结了各个阶段对于不同发动机尺寸的排放限值。

**现状与未来。** 根据发动机大小不同，CARB与EPA在2008-2014年期间逐步实施了Tier 4排放标准，并在2011年至2013年之间逐步采用了一项新的瞬态测试，不过对最大尺寸级别的发动机没有采用新测试。发动机必须满足瞬态和稳态测试的标准。另外还增加了NTE测试，NTE排放限值为稳态标准限值的1.5倍，以帮助评估在用合规性。由于Tier 4标准与当前的道路柴油发动机标准的严格程度相仿，大多数非道路发动机需要采用尾气后处理系统才能达标，不过有些发动机只需要单独安装颗粒物捕集器或单独安装SCR即可满足标准要求。

表4. CARB和EPA的新生产非道路柴油机排放标准

发动机额定功率kW	发动机额定马力hp	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
P < 8	P < 11					8.0 / (10.5) / 1.0					8.0 / (7.5) / 0.8			8.0 / (7.5) / 0.4 <sup>a</sup>												
8 ≤ P < 19	11 ≤ P < 25					6.6 / (9.5) / 0.8					6.6 / (7.5) / 0.8			6.6 / (7.5) / 0.4												
19 ≤ P < 37	25 ≤ P < 50				5.5 / (9.5) / 0.8					5.5 / (7.5) / 0.6			5.5 / (7.5) / 0.3	5.5 / (4.7) / 0.03												
37 ≤ P < 56	50 ≤ P < 75				- / - / 9.2 / -					5.0 / (7.5) / 0.4			5.0 / (4.7) / 0.3 <sup>b</sup>	5.0 / (4.7) / 0.03												
56 ≤ P < 75	75 ≤ P < 100				5.0 / (4.7) / 0.4					5.0 / 0.19 / 2.3 <sup>c</sup> / 0.02			5.0 / 0.19 / 0.40 / 0.02				5.0 / (4.7) / 0.4	5.0 / 0.19 / 2.3 <sup>c</sup> / 0.02	5.0 / 0.19 / 0.40 / 0.02							
75 ≤ P < 130	100 ≤ P < 175				- / - / 9.2 / -					5.0 / (6.6) / 0.3			5.0 / (4.0) / 0.3	5.0 / 0.19 / 0.40 / 0.02												
130 ≤ P < 225	175 ≤ P < 300				11.4 / 1.3 / 9.2 / 0.54					3.5 / (6.6) / 0.2			3.5 / (4.0) / 0.2				3.5 / 0.19 / 2.0 <sup>d</sup> / 0.02	3.5 / 0.19 / 0.40 / 0.02								
225 ≤ P < 450	300 ≤ P < 600				11.4 / 1.3 / 9.2 / 0.54					3.5 / 6.4 / 0.2			3.5 / (4.0) / 0.2				3.5 / 0.19 / 2.0 <sup>d</sup> / 0.02	3.5 / 0.19 / 0.40 / 0.02								
450 ≤ P < 560	600 ≤ P < 750				11.4 / 1.3 / 9.2 / 0.54					3.5 / (6.4) / 0.2			3.5 / (4.0) / 0.2				3.5 / 0.19 / 2.0 <sup>d</sup> / 0.02	3.5 / 0.19 / 0.40 / 0.02								
P ≥ 560	P ≥ 750					11.4 / 1.3 / 9.2 / 0.54				3.5 / (6.4) / 0.2			3.5 / (4.0) / 0.2				3.5 / 0.4 / 3.5 / 0.10 <sup>e</sup>	3.5 / 0.19 / 3.5 / 0.04 <sup>e</sup>								

主要污染物 (克/千瓦时) CO / HC / NO <sub>x</sub> / PM CO / (HC+NO <sub>x</sub> ) / PM	未实施管理	Tier 1/I 阶段	Tier 2/II 阶段	Tier 3/III 阶段	Tier 4过渡/IIIB 阶段	Tier 4最终/IV 阶段
--	-------	-------------	--------------	---------------	------------------	----------------

CARB还率先对新生产非道路柴油发动机提出了OBD要求，管理要求与目前对道路发动机的OBD管理要求类似。

加州环保局目前正在准备修订其移动源管控战略，评估CARB可以采取哪些行动以进一步减少NO<sub>x</sub>和PM排放，从而实现加州全境的清洁空气保障，并实现该州的气候目标。如图6所示，在目前的管控战略草案中提出了在2028年到2030年，对新生产非道路发动机实施更加严格的Tier 5排放标准，将单机排放进一步降低50%-90%<sup>25</sup>。

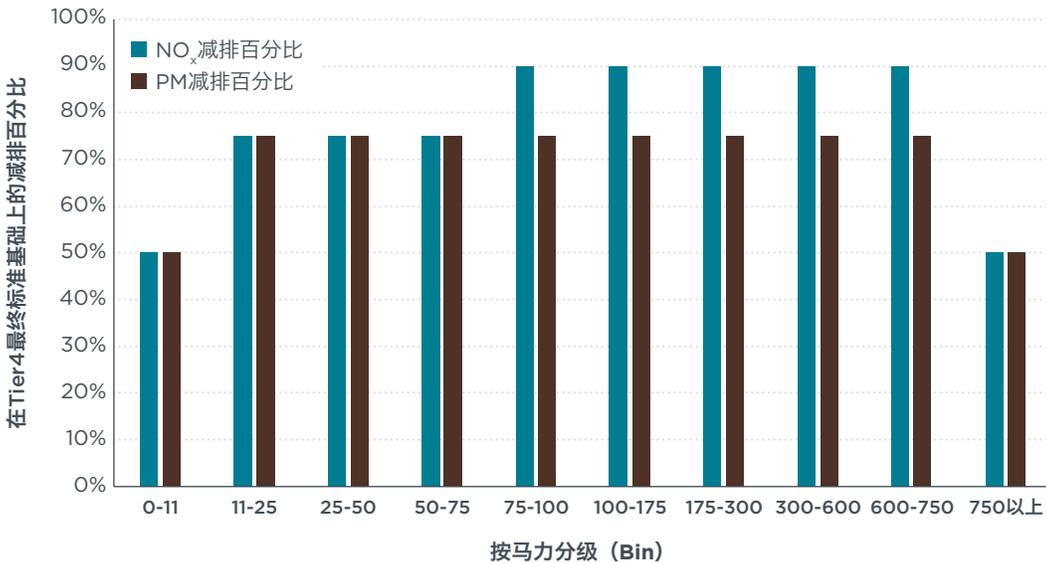


图6. 非道路柴油发动机Tier 5阶段NO<sub>x</sub>和PM标准预期

25 [https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2021-04/Revised\\_Draft\\_2020\\_Mobile\\_Source\\_Strategy.pdf](https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2021-04/Revised_Draft_2020_Mobile_Source_Strategy.pdf) 第172页。

### 4.3. 新生产商用港口船舶发动机排放标准

**背景。**港口船舶包括在加州海岸24英里海域内使用的渡轮、游船、牵引船、领航船、拖船、推船、乘务补给船、驳船以及挖泥船，商业渔船不包含在内。港口船舶总数约为3100艘，其中许多使用了多台柴油发动机。

自2009年以来，CARB要求新生产港口船舶使用符合EPA标准的船用发动机。发动机标准分为Tier 1至Tier 4四个阶段<sup>26</sup>，其中Tier 2和Tier 3标准已于2009年开始实施，且发动机不需要加装尾气后处理装置就能够满足标准要求。因此，所有在Tier 4 发动机可用之前出售的新渡轮都需要添加微粒过滤器，因为 Tier 4 通常需要使用微粒捕集器和 SCR 催化剂。CARB还要求新生产和现有港口船舶只使用符合CARB道路柴油燃料规格要求的柴油，该规范比在美国其他地方销售的柴油规格要求更为严格，可以进一步降低NO<sub>x</sub>排放。

**现状与未来。**CARB正在为新生产港口船舶发动机制定额外的管理要求。从2026年起，航行范围小于8海里的新生产短途渡轮将需要配备零排放推进系统。从2025年开始，尽管允许使用清洁的柴油发动机作为备用动力，但新生产远洋船舶必须使用具备零排放推进能力的混合动力系统。CARB还可能建议所有船舶使用可再生柴油（ASTM D975）作为替代燃料，早期测试表明这将能够减少12%的NO<sub>x</sub>和27%的PM排放。

在新拟定的管理要求中还包含了将老旧发动机更新置换为低排放新发动机的要求，将在本文第6.4章节中予以具体讨论。

---

<sup>26</sup> EPA的船舶柴油发动机标准和Tier分级过于复杂，难以在本文中列出，可通过以下链接查询完整列表：<https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi?Dockkey=P100ZP4H.pdf>。加州90%的港口船舶属于列表中的第一类。

## 5. 排放合规与监管

**管理目的和背景。**为了实现排放合规，CARB开展了三个方面的管理。首先是在销售前进行认证，其目的是确保发动机或车辆及其排放控制系统的设计已经由生产企业进行过充分验证，能够在整个使用寿命周期内满足排放标准要求。CARB要求生产企业对其在加州销售的每一款发动机和车辆进行认证。在审核生产企业的认证申请时，CARB的工作人员会重点对高销量发动机和车辆、过去存在合规问题的发动机和排放控制设计方案以及应用新技术的发动机进行审核评估。另外一个重点审核项目是确认是否存在失效装置，失效装置会允许车辆在道路行驶过程中排放升高，但不允许车辆在合规性测试期间出现排放超标。此外，还会对OBD系统进行严格审核，以确保其能够正确识别在使用环节出现排放升高的发动机和车辆。只有在满足所有监管要求后，CARB的工作人员才会批准认证申请并发布行政批准。在获得认证批准之前，发动机或车辆不得上市销售，如前文第2章中所述，如果在没有获得行政批准的情况下销售新生产发动机或车辆，将被处以强制性罚款。

排放合规管理的第二个目的是确保每台发动机或车辆从生产线上下线时与认证的车型是完全相同的，并符合排放标准要求。在过去，管理部门会生产线上抽选发动机或车辆，对其进行与认证阶段相同的测试，以验证生产线上的发动机产品是否符合标准。随着制造质量的提高，刚下线产品发生故障的情况减少了。目前，对于装有OBD的机动车产品，在其下线时会进行OBD检查，从而减少了生产线测试的需要。

合规管理的第三个方面是确保经过认证的发动机和车辆在其使用寿命周期内能够保持排放达标。CARB已经认识到，如果不通过在用车管理来验证排放合规性并对不合规行为予以执法处罚，几乎肯定会出现在用车排放超标的情况。这方面合规监管的力度正在逐步加大，因为仍有在用车存在排放超标的现象，不仅违反环境空气质量标准要求，还导致居住在公路和货运配送中心附近（这些地区柴油车通行量较大）的居民受到过量的柴油车排放污染危害。

无论是何种类型的移动源发动机，每年都需要完成上述合规监管的第一个步骤：即开始新车型年的发动机或车辆销售之前，要先进行认证申请并获得行政批准。重型发动机和乘用车生产企业必须积极参与所有上述三方面合规管理要求，一些小批量移动源可以不执行售后合规测试和质保报告管理要求，但仍必须确保发动机或车辆在使用寿命周期内满足排放标准要求。CARB可能会开展随机的在用合规性测试，或对了解到的不合规情况开展回应行动，如有必要CARB也将会实施强制性执法措施。

## 5.1. 确保重型柴油卡车的在用合规性

图7展示了重型发动机和车辆合规管理的三方面规程<sup>27</sup>。

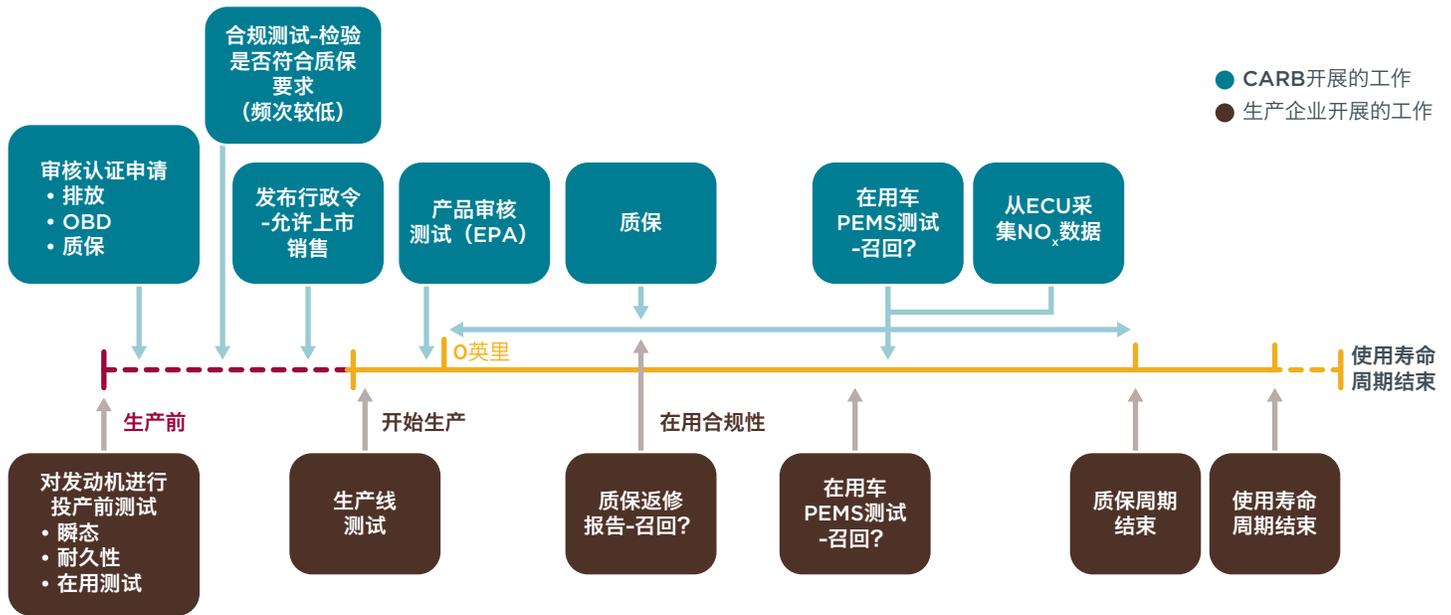


图7. 排放合规管理的责任划分

CARB有四种收集补充数据的方法，以确定重型卡车在其使用寿命周期内是否能够符合排放标准和其他监管要求。这四项方法是：

- » 对卡车进行在用车测试，确定排放控制装置或系统是否存在故障或运行性能较差；
- » 生产企业提交的质保返修情况报告可能会发现一些系统性的排放控制零部件故障；
- » 通过烟度检测和定期检验发现排放超标的个别车辆；
- » 通过随机检测来判定整体柴油车控制管理方案的实施效果。

前三种方法中包含了强制维修要求，以解决排放超标问题，这可能是发动机或卡车生产企业的责任，也可能是卡车车主的责任，具体要看导致车辆排放超标的原因是什么。第四种方法则用于找出管理实施方案中的漏洞，通过修订监管要求来改进总体实施方案。

### 5.1.1. 筛查出在实际使用过程中耐久性和排放不达标的发动机

这项管理的目的是确认发动机生产企业认证合格的发动机能够在其整个使用寿命周期内始终符合标准要求。如果测试表明在同一发动机系族的少量样本中存在若干台排放超标的发动机或是发现特定排放控制装置存在同样的设计或生产缺陷，则

<sup>27</sup> 图中展示的是将于2024和2027年开始延长的质保周期和使用寿命周期并纳入了收集ECU中存储的实际NO<sub>x</sub>排放和其他重要参数的管理要求。

CARB会要求发动机生产企业确定问题所在并纠正不合规问题。补救措施可能包括召回发动机系族中的所有发动机，或延长为卡车车主提供的质保期，有时生产企业还会被处以罚款。

以前，为了确定在用合规性，会在在用卡车上取下一个发动机样品，并在实验室中进行与认证期间相同的试验进行测试。这一过程成本高昂，且在用发动机很难获得，因此可用于日常测试的发动机数量非常有限。

在1998年的一项执法行动中发现，20世纪90年代早期的许多重型发动机上都广泛使用了失效装置，但在生产企业进行认证时并未被发现。为了解决这一问题，EPA和CARB开始要求进行涵盖更广泛工况条件的附加测试。新的NTE测试可以在不拆卸发动机的情况下反复进行，以判定在用合规性。NTE测试期间的排放必须小于认证试验标准的1.5倍。该测试是首次尝试建立一项具有可操作性且切实有效的重型柴油发动机在用排放合规检查措施。

CARB和EPA还出台了一项管理要求来让发动机生产企业承担在用合规性测试的部分负担和费用——即重型在用车（机）测试管理方案。在这一管理方案下，每年管理部门会从每家生产企业的产品中选定25%的发动机系族，生产企业必须从每个发动机系族中采购5辆保养得当的在用卡车，为其安装便携式排放测量系统（PEMS）并记录车辆一整天的日常运行排放数据。根据数据，各生产企业要找出符合NTE测试监控规格要求的运行片段，并报告是否存在排放超过NTE限值的情况。这一测试要求始于2007年，当时新生产柴油机首次安装了颗粒物捕集器。作为重型在用车（机）合规管理方案的一部分，CARB可以通过自己开展PEMS测试来确认生产企业提交的数据是否属实。

CARB在对生产企业提交的NTE在用测试结果进行分析后发现，这些数据不能有效判定车辆是否合规。其问题在于，由于柴油卡车的高度瞬态运行工况，很少能够形成有效测试所需的监测条件。生产企业提交的在用车排放测试数据也证明了这一点，其中显示在很多情况下NO<sub>x</sub>排放会超过标准限值10倍乃至10倍以上，但由于未满足特定的监测条件，测试结果被视为无效。在生产企业提交的NTE测试数据中，只有5%的数据属于有效数据<sup>28</sup>。甚至一些生产企业进行了数天的数据采集，最后提交的监测数据中完全不包含有效的NTE片段。由于生产企业提交的有效测试数据过少，截至2017年，在这一测试要求实施的10年时间里只进行了一次召回<sup>29</sup>。

为了解决这一问题，CARB正在修订该管理方案，将采用更加有效的欧盟测试要求来对NTE测试进行修订。修订后的测试将采用3-Bin移动平均窗口法，将于2024车型年开始实施<sup>30</sup>。如图8所示，修订后的新方法经证明能够比NTE测试更频繁地生成有效的在用测试数据。

28 <https://ww3.arb.ca.gov/board/books/2020/082720/20-8-2pres.pdf> 第13页。

29 [https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/classic/msprog/hdlownox/files/workgroup02222017/inuse\\_wg\\_presentation\\_02222017.pdf](https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/classic/msprog/hdlownox/files/workgroup02222017/inuse_wg_presentation_02222017.pdf) 第10页，这一讲稿中还详细介绍了重型在用车（机）测试管理方案。

30 3Bin-移动平均窗口法测试详见第三章A.3节，第III-31页：<https://ww3.arb.ca.gov/regact/2020/hdomnibuslownox/isor.pdf>

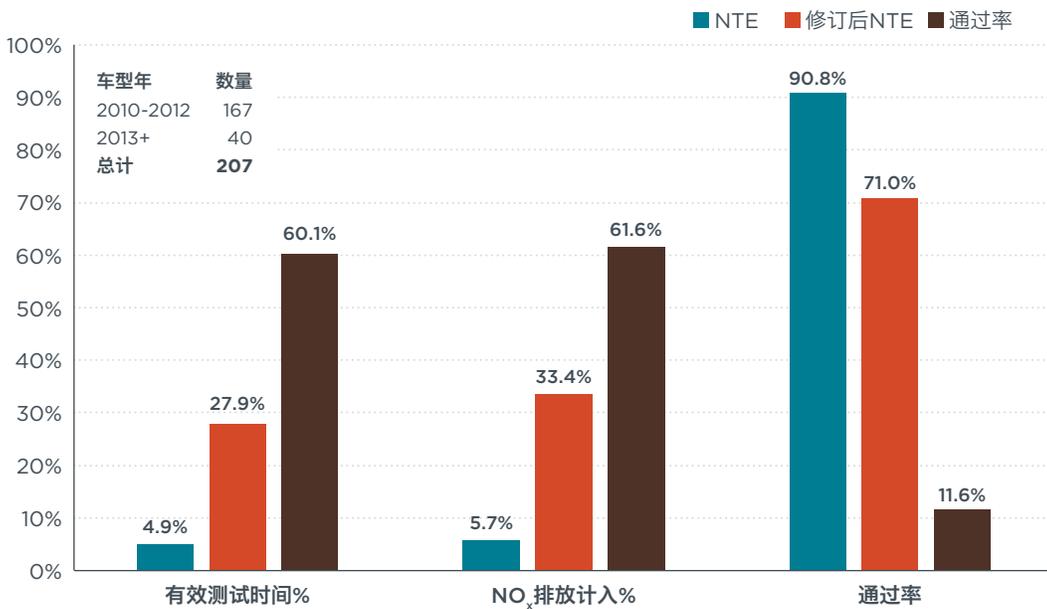


图 8. 三种在用车（机）排放测试的有效性<sup>31</sup>

排放标准依然是 不高于相应发动机测试标准的 1.5 倍（怠速、RMP-SET、低负载工况和瞬态 FTP 工况）。

2016 年，CARB 增加采用了 PEMS 测试来评估重型在用柴油卡车的排放。目的是验证生产企业的在用车测试结果，并扩大每年评估的发动机系族数量。尽管由于当前 NTE 测试的限制，直接通过 PEMS 来判定合规性的机会较少，但可以通过 PEMS 测试来了解重型在用卡车的整体排放情况。例如，在 CARB 对康明斯柴油发动机开展 PEMS 测试时发现了 SCR 催化器存在普遍失效的问题。CARB 的测试结果为最终在美国全国范围召回 50 万辆装有康明斯发动机的卡车并更换 SCR 提供了依据。CARB 新启用的排放实验室将进一步扩大 PEMS 测试的数量，其新配置的重型台架和发动机测试设备可用于解决有关结果有效性的任何问题。

### 5.1.2. 通过质保报告筛查出故障率高的排放控制零部件

这项管理能够鼓励发动机生产企业制造出排放耐久性合格的发动机。CARB 要求重型发动机生产企业保证其生产的发动机和排放控制系统不会出现故障或过量排放。目前的质保期要求为五年或规定里程数（以二者先到者为准）。质保里程要求根据卡车尺寸大小有所不同，从 11 万英里（对于车辆额定总质量在 14000 磅至 19500 磅的卡车）到 35 万英里（对于车辆额定总质量大于 33000 磅的卡车）不等。CARB 最近出台的法规将自 2027 车型年起将质保期延长至 7 年，并且自 2031 车型年起将质保期延长至 10 年。质保里程也会相应延长，对于最重型车（Class 8）的卡车，质保里程数将延长至 60 万英里。

CARB 要求发动机生产企业记录每个排放相关零部件的保修数量。一旦排放相关零部件的保修率达到 1%，生产企业就必须开始每季度向 CARB 报告保修率。因为车主

<sup>31</sup> <https://ww3.arb.ca.gov/regact/2020/hdomnibuslownox/isor.pdf> 第 11-13 页。其中所展示的 NTE 修订是试图通过改变测试参数限制来改进现有的 NTE 测试。

知道不需要支付维修费用,所以在OBD故障灯亮起时,车主通常会选择进行保修。当有效保修率超过4%时,说明生产企业需要采取补救措施,CARB会评估是需要延长质保期还是召回有缺陷的零部件。CARB发现有必要对保修记录进行审核,以确保生产企业如实、准确地进行报告。当质保期结束即可停止报告,所以一旦延长质保期的新管理法规生效,这项管理措施将能够创造更大的价值(详见上文第4.1章节)。

### 5.1.3. 筛查出排放超标的个别在用卡车

这项管理的重点对象是卡车车主或驾驶员,而不是发动机生产企业。其目的是确定发动机排放超高的个别卡车。该管理要求共包含四项措施:

- » CARB开展的随机烟度测试以及针对是否存在作弊篡改行为和OBD运行性能进行的现场检查;
- » 要求加州车队定期开展自查,筛查出烟度超标的卡车并保存相关记录;
- » 遥感监测是一项新实施的措施,用于监测一氧化氮、黑炭排放以及OBD的状态;
- » 对重型柴油卡车开展实施检测和维修管理。

这些检查可以筛查出由于车主未对车辆进行合理养护、非法拆除排放控制装置或排放控制装置发生故障的个别卡车。下面将对上述各项措施予以详细展开。

**随机烟度测试以及篡改和OBD检查。**CARB多年来一直在城郊的公路称重站对柴油卡车进行随机的烟度测试并进行篡改和OBD检查。CARB还对城市街道卡车和商业车队开展随机烟度测试。烟度测试包括在变速器分离的情况下快速提高发动机转速,烟度由不透光烟度计测量。测试只需要几分钟。对不同年型的卡车的不透光度限值要求也有所不同。例如,对于安装有颗粒物捕集器的2007车型年及以后年型的卡车,如果不透光度超过5%则无法通过测试,这表明捕集器可能存在故障。对于比较老旧的卡车,如果不透光度超过20%至40%区间(可见烟度,具体标准根据具体车型决定),则不得通过测试。试验规程采用的是SAE J1667(详见表5)。

表5. 不透光烟度标准

安装有颗粒物捕集器 (DPF) 的发动机	
不透光度限值5%	
2007车型年以前未安装DPF的发动机	
1997-2006年型的发动机	不透光度限值20%
1991-1996年型的发动机	不透光度限值30%
1991年型以前的发动机	不透光度限值40%
安装了2级柴油机认证排放控制策略 (VDECS) 的发动机	
不透光度限值20%	

OBD报警提示灯开启也被视为是一种故障。OBD指示灯还将指示是否具有且正在使用SCR催化剂还原NO<sub>x</sub>所需的尿素<sup>32</sup>。

当前这项管理检测出的故障率为4%<sup>33</sup>。烟度测试不合格会导致300美元的罚款, 如果不能在45天内向CARB证明已经妥善修理, 罚款将增加至800美元。多次出现故障或未支付罚款可能会导致该卡车被加州公路巡逻部门吊销服务资质。随机检测和罚款可有效阻止卡车在烟度过高或排放控制装置存在缺陷或被篡改的状态下行驶。这项管理措施涵盖了所有GVWR大于6000磅的柴油卡车, 包括在其他州或临国登记注册的柴油卡车。

**车队烟度测试。** 在一项补充性定期烟度测试方案中要求拥有两辆或两辆以上柴油卡车的加州车队 (在加州登记注册) 每年开展烟度测试并保存核查和检测记录。该管理要求帮助确保不定期经过高速公路检测站的城市卡车也不会出现烟度超标的问题。CARB会对车队运营商的记录进行随机核查<sup>34</sup>, 并对违规行为处以罚款。此外, CARB的工作人员和当地政府管理机构还会根据市民对卡车黑烟的投诉开展调查。

**遥感监测。** 遥感监测最初在道路柴油卡车排放领域开展试点应用并将在未来几年在加州全境推广。CARB已经开发了一款高架遥感设备, 可以放置在高速公路称重站和过境检查站等车辆进出量较大的站点内。遥感设备可以测量一氧化氮和黑炭 (用于代表颗粒物排放), 并能够读取车牌。CARB会从高排放卡车的号牌数据库中选择需要进一步开展检测的车辆或进行审核的车队。如图9所示, 第一批遥感设备自2019年以来每月可收集1万辆卡车的排放数据。

32 [https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2020-02/hdvip\\_pamphlet.pdf](https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2020-02/hdvip_pamphlet.pdf)

33 [https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2020-06/2019\\_Annual\\_Enforcement\\_Report.pdf](https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2020-06/2019_Annual_Enforcement_Report.pdf) 附件 B-2。

34 [https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2020-10/psip\\_booklet\\_sept2020.pdf](https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2020-10/psip_booklet_sept2020.pdf)



图9. CARB的柴油卡车遥感监测系统

**在用车定期检测管理。**根据CARB的移动源清单模型预测，到2031年由一小部分存在故障或维修保养不当的卡车所产生的PM<sub>2.5</sub>排放将占道路卡车车队排放总量的65%，NO<sub>x</sub>排放占比达到47%。例如，如果过滤效率99%的颗粒物捕集器发生故障或被拆除，则该卡车的排放量可能会增长两个量级。图10展示了故障问题对车队排放的影响<sup>35</sup>。

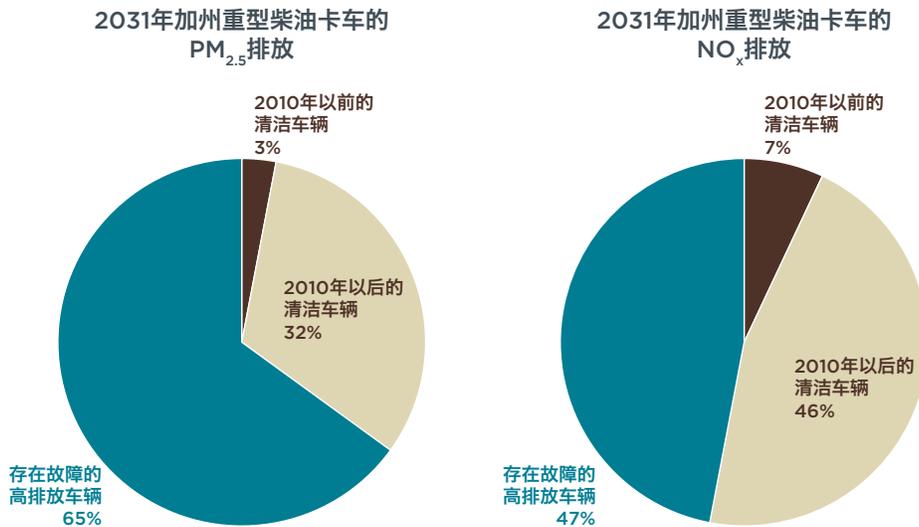


图10. 故障引起的颗粒物排放

为了及时识别和维修高排放卡车，减少过量排放，CARB正在制定一项新的重型在用柴油卡车定期检测与维护管理方案。一旦这项管理要求被CARB委员会批准（预计在2021年底），最早将于2024年开始全面实施<sup>36</sup>。

35 [https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2021-04/Revised\\_Draft\\_2020\\_Mobile\\_Source\\_Strategy.pdf](https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2021-04/Revised_Draft_2020_Mobile_Source_Strategy.pdf) 第46页。

36 检测方案的制定过程详见：<https://ww2.arb.ca.gov/our-work/programs/inspection-and-maintenance-program/Meetings-and-Workshops>

对于GVWR大于等于14000磅的重型在用柴油卡车, 包括来自其他州以及墨西哥和加拿大的重型柴油卡车, 均将被要求向CARB登记注册, 并获得一份合规认证证书, 表明其成功通过了每年若干次的排放检测。

根据车辆车型, 具体检测项目也有所不同。对于2012车型年及此前更老款的卡车车型, 要求每年进行两次烟度测试和排放系统可视化检查。检查可在私人或加州政府认证的检测站点进行, 和加州乘用车烟度检查管理要求类似。对于2013车型年及此后更新款的安装有OBD的卡车车型, 车主可以选择采用远程传输设备通过第三方向CARB报告OBD系统数据来代替进入检查站进行检测。装有传输装置的卡车也可以免于车队烟度检查。

如果远程监测显示排放过高, 或者如果卡车未在CARB进行登记注册, 又或者车辆没有合规认证证书, 管理部门会通知车主并要求其提供达标合规证明。对于加州牌照的卡车, 如果排放不合规将被拒绝进行登记注册, 并可能被处以罚款<sup>37</sup>。对于非加州车牌的卡车, 不达标行为将被处以罚款, 同时CARB工作人员还会交叉查询在称重站或其他位置进行定期检测的数据记录, 筛查不合规车辆。

#### 5.1.4. 由CARB对柴油车(机)排放控制管理方案的实施效果进行判定

这项措施的目的是判定柴油卡车排放控制管理方案是否实现了预期的减排效果, 以及是否需要改进。CARB定期会使用PEMS对在用卡车进行随机测试, 以帮助其判定管理方案是否切实有效。开展PEMS测试主要出于以下目的, 首先测试可用于估算柴油卡车在整个区域内的排放贡献量, 并用于开发或改进排放清单; 另外测试结果可用于与预期减排目标进行比较, 并确定管理方案中可能需要改进的地方, 例如CARB对采用SCR来控制NO<sub>x</sub>排放的柴油卡车进行道路PEMS测试后发现, 催化器在低负载和低速工况下无法有效控制NO<sub>x</sub>排放, 因此出台了额外的合规性测试要求和NO<sub>x</sub>标准, 从而确保发动机生产企业所设计的排放控制系统能够在上述工况条件下保持有效运行。

## 5.2. 确保非道路柴油发动机的在用合规性

对于130kW及以上的新生产非道路柴油发动机, CARB采用了EPA的标准<sup>38</sup>, 但保留了开展合规监管和执法的权力, 并有权要求召回不合规发动机。在非道路领域, CARB一直依靠EPA对新生产发动机标准和相关管理要求开展在用合规性监管和执法。CARB于2021年新启用的实验室配备了能够测试大型柴油发动机的测功机, 并且扩展了其对在用卡车和在用移动机械进行PEMS测试的计划。与道路发动机不同, CARB不要求非道路发动机生产企业报告质保返修情况, 也不打算对非道路柴油发动机开展和道路柴油卡车一样的定期检测。

<sup>37</sup> 加州车辆管理条例第 4000.17 章节。

<sup>38</sup> 联邦法规禁止包括加州在内的各州对175马力以下的建筑用和农用新生产非道路发动机出台排放标准。

## 6. 在用柴油车 (机) 减排管理方案 (含船舶)

**管理目的。** 加快淘汰老旧高排放柴油卡车、非道路机械和港口船舶发动机, 并将这些老旧产品置换为低排放或零排放车辆或发动机。减少远洋船舶的排放。

**背景。** 20世纪80年代初, 加州开始实施一项管理计划来确定臭氧、二氧化氮等环境空气质量标准之外的未管控空气污染物对健康所造成的影响。人们担心会有更多种类的空气污染物存在毒害性, 并会导致癌症或其他严重的健康影响。CARB列出的许多有毒物质, 如二氯甲烷、石棉和苯, 这些都直接来源于工业源排放, 另外还有其它一些污染物主要来自于移动源, 柴油车颗粒物在1998年被列为有毒空气污染物, 并被认定为具有致癌作用<sup>39</sup>。

在大洛杉矶地区, 空气污染管理部门于2000年对环境空气中的30多种化学物质进行了监测, 发现柴油车颗粒物占洛杉矶地区空气呼吸致癌风险物的70%以上<sup>40</sup>。有越来越多的证据表明, 在洛杉矶的空气致癌风险因素中, 柴油车颗粒物导致的致癌风险占比在半数以上, 洛杉矶居民一生中罹患癌症的风险大约为750/100万。这促使CARB在2000年发布了柴油车 (机) 风险降低计划。其中一项建议是在技术可行且具有成本效益的情况下, 对现有的道路、非道路和固定式柴油发动机实行新的改造要求<sup>41</sup>。这一行动标志着CARB开始努力通过加装颗粒物捕集器或加速老旧发动机更新置换 (被符合更加严格的PM排放标准的新发动机置换) 来使柴油发动机变得更清洁。同时, 削减柴油发动机NO<sub>x</sub>排放以满足环境臭氧标准的要求也是该计划的目的之一。

越来越多的证据表明, PM<sub>2.5</sub>会导致中风和心脏病发作, 从而导致提早死亡。同时, 越来越多的人意识到生活在重型柴油卡车交通密集区附近的低收入和少数居民群体过度暴露于空气污染当中, 这进一步提升了采用清洁发动机来更新淘汰老旧高排放柴油卡车和机械设备的迫切性。

### 6.1. 加速更新老旧高排放柴油卡车

2008年, CARB出台了一项综合性管理法规, 要求减少在用重型柴油卡车的NO<sub>x</sub>和PM<sub>2.5</sub>排放。该管理法规被称为《卡车及公交客车管理条例》, 因其影响面波及到许多人和许多企业而广受争议。共有超过17万个车队和近100万辆卡车受到该管理法规的约束。

该管理法规要求在2014年之前为老旧卡车加装柴油车颗粒物捕集器 (DPF)。在以2023年为目标年的长期规划中, 基本所有2010年以前的老旧卡车都应被置换成能够符合2010年新柴油发动机排放标准的较新车辆, 这些车辆安装有DPF和NO<sub>x</sub>后处理装置, 污染物排放可降低90%以上。针对公交客车则有单独的规定, 但由于资金匮乏, 校车只要求更新1977及以前的车。

<sup>39</sup> <https://ww2.arb.ca.gov/resources/summary-diesel-particulate-matter-health-impacts>

<sup>40</sup> 最新的监测结果表明, 洛杉矶空气中的呼吸致癌风险在2012-2018年期间降低54%, 但柴油机颗粒物的致癌风险贡献率依然在50%以上, 详见: [http://www.aqmd.gov/docs/default-source/planning/mates-v/draft-mates-v-executive-summary\\_v2.pdf?sfvrsn=6](http://www.aqmd.gov/docs/default-source/planning/mates-v/draft-mates-v-executive-summary_v2.pdf?sfvrsn=6), Figure ES-3.

<sup>41</sup> <https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/classic/diesel/documents/rrpfinal.pdf>. 除了对现有道路柴油机进行改造, 管理计划还要求将新发动机的排放标准加严90%并将柴油燃料的硫含量降低至15ppm

2008-2009年的经济衰退也对交通领域产生了影响, 因此CARB在2014年对《卡车及公交客车管理条例》进行了修订。修订后放宽并推迟了DPF加装要求, 以降低小型业主的合规成本, 并提出了由于发动机维护不当而导致的一些DPF故障问题。修订案还将采用2010车型年以后的新车型来更换老旧卡车的时间节点延长到了2023年, 图12展示了在2014年修订案下的减排预期。

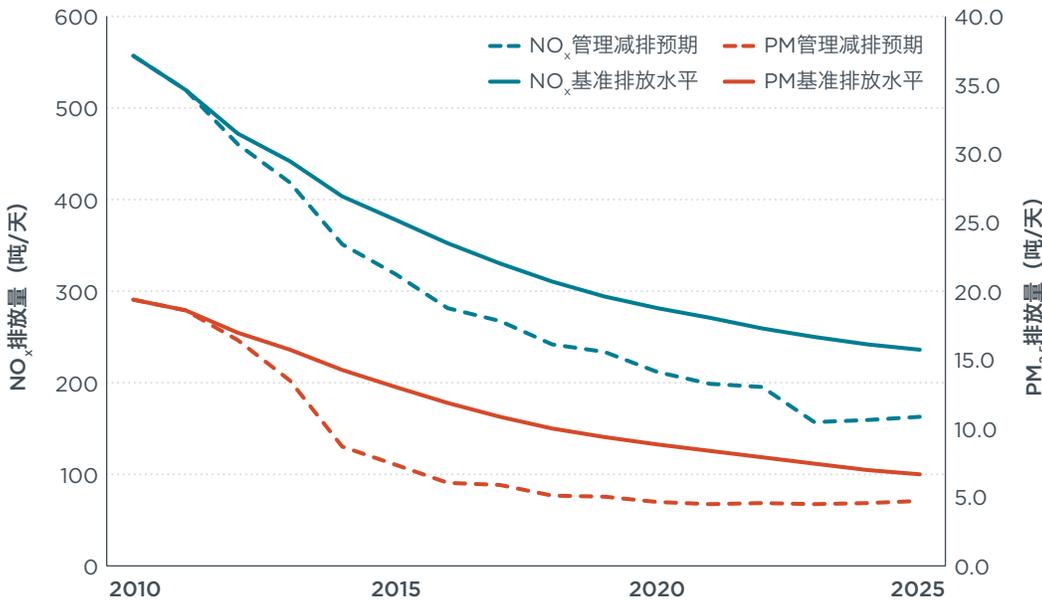


图11. 《卡车及公交客车管理条例》下的减排预期

实施方面, 该管理法规主要依靠车队提交有关其车辆状态、卡车检测情况以及其他方面的数据报告来判定车队是否存在不合规现象。未按要求提交相关合规证明信息的车队会收到违规通知并受到处罚, 同时还会暂时吊销其登记注册。在2018年和2019年, 共有23000个车队未能上报合规证明材料并被暂时吊销注册, 罚款总金额超过500万美元。目前, 总体合规率从2017年的77%上升到88%<sup>42</sup>, 体现了有效合规监管及执法措施的价值所在。

**现状与未来。**《卡车及公交客车管理条例》将于2023年全面实施, 届时加州公路上行驶的卡车将大多能够实现较低的NO<sub>x</sub>和PM<sub>2.5</sub>排放。不过, 还有必要制定一套强有力的达标监管与执法方案, 来解决少数NO<sub>x</sub>和PM<sub>2.5</sub>排放过高的卡车。

自2024年开始, 加州车队和卡车车主购买的新卡车中, 将有越来越多必须是零排放汽车。而这将进一步减少NO<sub>x</sub>、PM和GHG排放(详见第9章)。

## 6.2. 加速更新老旧高排放非道路柴油机械

2007年, CARB通过了一项管理方案, 要求使用25马力以上非道路柴油机械的车队为发动机加装颗粒物捕集器或将其置换为更新且排放更低的发动机。不久之后, 随着全球经济衰退, 建筑非道路柴油机械的使用量减少了50%以上, 新机械设备采

42 [https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2020-06/2019\\_Annual\\_Enforcement\\_Report.pdf](https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2020-06/2019_Annual_Enforcement_Report.pdf). . Page 11

购量减少了90%。经济衰退使得CARB需要重新评估和修订这项管理方案。2010年, CARB提供了一项新的合规选择方案, 该选项避免了加装颗粒物捕集器, 因为DPF在非道路发动机上应用存在一定的挑战, 并将管理方案的开始实施日期延后至2014年, 为经济复苏留出了时间<sup>43</sup>。

修订后的管理方案会对数千个车队的15万台以上柴油机械产生影响, 涵盖的设备类型小至草坪机大至平地机。但这项管理并不涉及农用机械、船舶、火车机车和娱乐用车。对于不同规模的车队, 管理要求也有所不同, 大型车队于2014年开始实施, 中型车队于2017年开始实施, 小型车队于2019年开始实施。而极小规模的车队只需报废排放最差的机械设备 (Tier 0和Tier 1) <sup>44</sup>。

车队必须满足排放目标值 (马力权重计算), 且目标值每一年会予以加严。如果车队无法达到排放目标, 则必须满足最佳可应用控制技术 (BACT) 要求。虽然每年的改造比例要求会有小幅调整, 但BACT每年大体要求更新或改造车队中约10%的机械设备 (马力权重计算)。

大型车队将于2024年全面实施上述管理要求, 届时管理所涉及的在用非道路机械将实现PM减排21%, NO<sub>x</sub>减排17%<sup>45</sup>。实施方面, 主要依靠强制要求车队定期提交报告说明其机械设备情况和已经开展的达标措施。CARB工作人员将对报告进行审核, 并通过现场考察予以确认。2019年, CARB共对4291台非道路柴油车辆和设备进行了检查, 不合规率为11%, 共计处以罚款23700美元<sup>46</sup>。

**现状与未来。**对于大型车队, 上述在用非道路机械管理方案将于2024年全面实施, 对于小型车队, 将于2029年全面实施。

CARB已开始制定新的管理方案, 以提高上述管理要求的严格性。如图12所示, 目前正在制定的管理方案计划要求到2033年将所有存量Tier 0-2发动机进行更新, 置换为Tier4的发动机, 最终提案将于2022年底提交CARB委员会批准<sup>47</sup>。

43 CARB员工在其报告中讨论了管理方案的合理延期实施和修改并就加州现行的管理方案进行了详细说明。 <https://www.arb.ca.gov/regact/2010/offroadsi10/offroadisor.pdf>

44 详见4.2节中关于发动机Tier分级和排放率的叙述。

45 <https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/classic/regact/2010/offroadsi10/offroadisor.pdf> 第37页。

46 [https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2020-06/2019\\_Annual\\_Enforcement\\_Report.pdf](https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2020-06/2019_Annual_Enforcement_Report.pdf) 附录B-2。

47 <https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/classic/msprog/ordiesel/workshop/offroadworkshop-050621.pdf>

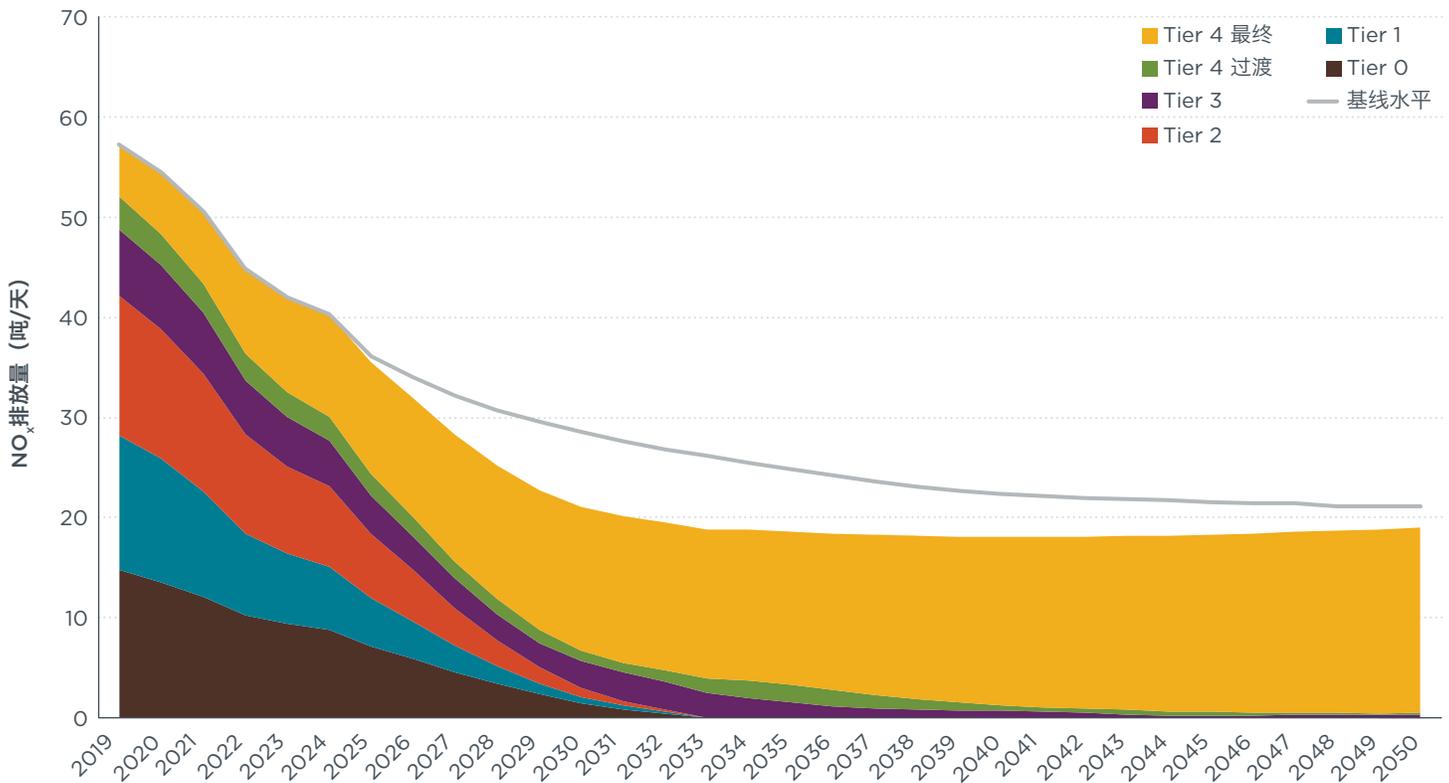


图 12. 加速更新置换最清洁非道路发动机的提案

### 6.3. 加速更新柴油冷链运输设备

**背景。** 柴油冷链运输设备是指由柴油机驱动为卡车、挂车、轨道车辆以及货运集装箱提供冷却或加热的设备。新生产的柴油冷链运输设备需要满足当前实施的非道路 NO<sub>x</sub> 和 PM 排放标准，对于大于 25 马力的柴油冷链运输设备，还要求加装 PM 后处理装置或同类等效控制技术。对于小型冷链运输设备的标准要求会相对宽松一些。

这项管理要求自 2008 年开始生效，管理目的在于加速将高排放冷链运输设备更新置换为符合最低 PM 排放标准的设备。最低 PM 标准限值为 0.02 克/制动马力-小时。简单地说，当冷链运输设备使用年限达到 7 年（平均使用寿命为 10 年）时，必须被更新置换为符合当前最严格排放标准的新设备。这一管理要求适用于在加州运行使用的所有柴油冷链运输设备，不仅仅局限于在加州登记注册的卡车和拖车上使用的冷链运输设备。

所有冷链运输设备均需在 CARB 进行登记，以便管理部门对设备进行检查。实施方面，CARB 通常会在进行烟度检测的公路称重站对带有冷链运输设备的卡车进行检查。2019 年，CARB 共计检查了 2064 台冷链运输设备，并发布了 933 违规通知，反映出冷链运输设备的不合规比例高达 45%，针对违规行为总共收取了 322474 美元的罚款<sup>48</sup>，表明需要加强执法以降低违规比例。

48 [https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2020-06/2019\\_Annual\\_Enforcement\\_Report.pdf](https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2020-06/2019_Annual_Enforcement_Report.pdf) 附录 B-2。

**现状与未来。**自2000年以来,大部分冷链运输设备已完成更新升级,能够符合当前实施的非道路排放标准。

CARB工作人员正在评估如何通过管理要求来进一步减少冷链运输设备的NO<sub>x</sub>、PM和GHG排放。从2023车型年开始,无拖车卡车需要以每年15%的进度更换零排放冷链运输设备,到2030年所有整体式卡车上使用的冷链运输设备均需实现零排放。为了进一步减少PM和NO<sub>x</sub>排放,自2023年及此后在挂车、家用运输集装箱、轨道车辆和冷链运输设备机组上使用的新冷链运输设备,包括25马力以下的小功率设备,都必须符合最严格EPA排放标准。

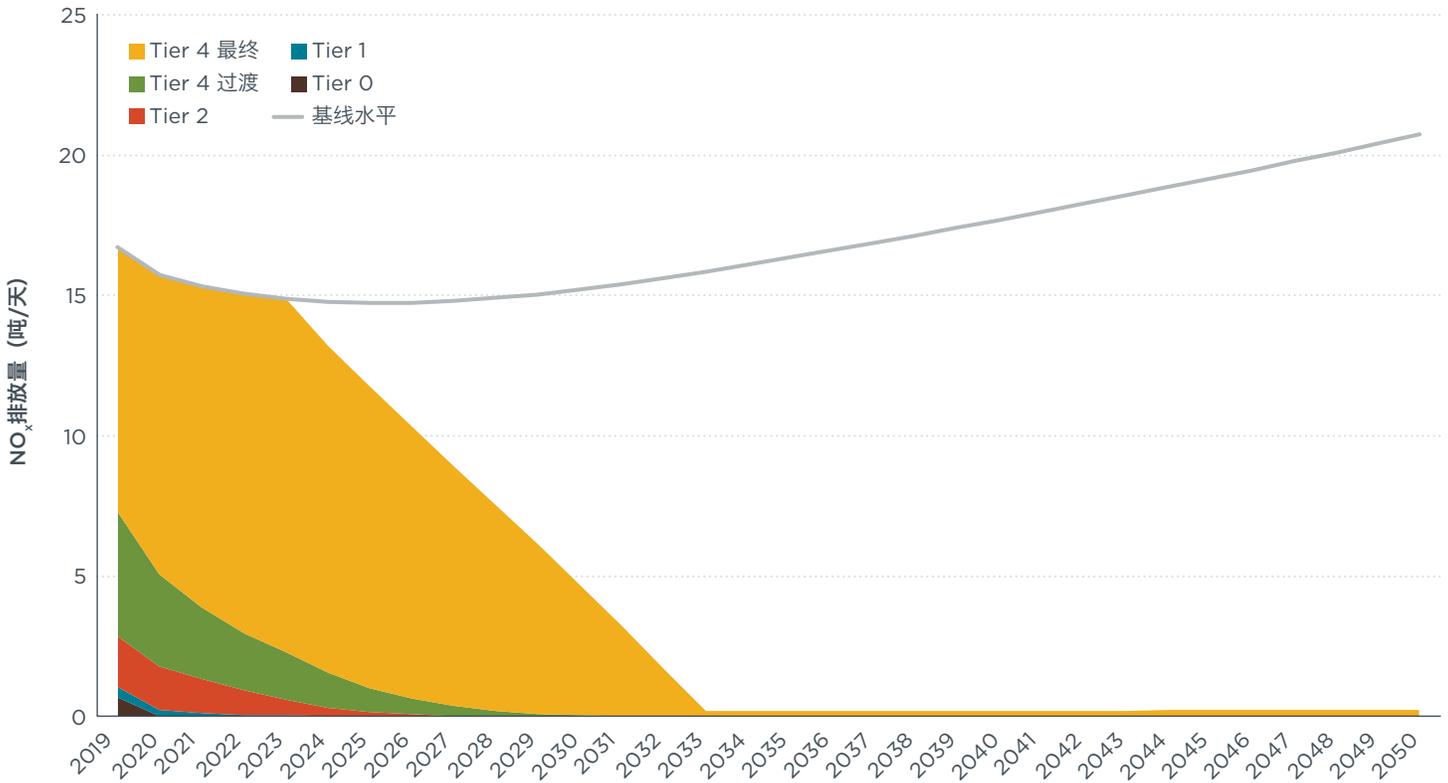


图13. 加速推动冷链运输设备向零排放转型所带来的NO<sub>x</sub>减排潜力

所有新生产的冷链运输设备还必须使用全球变暖潜能值不大于2200的制冷剂。CARB委员会可能会考虑在2021年底通过该拟议法规<sup>49</sup>。

## 6.4. 加速更新老旧商用港口船舶发动机

**背景。** CARB于2007年出台了港口船舶的管理规定,要求大量使用Tier 1或更老旧发动机的港口船舶置换较新的低排放驱动设备(上文第4.3节介绍了对新生产港口船舶的管理要求,包括各Tier排放标准的参考列表)。更换的发动机必须符合Tier 2或Tier 3排放水平。而根据高排放发动机的机龄,大部分港口船舶都必须要将老旧发动机置换为Tier 2或Tier 3发动机。强制升级要求自2009年开始生效,将于2022年全面实施,对于母港位于洛杉矶地区的船舶,升级的最后期限是2020年。

49 这项管理议案的后续制定进展详见: <https://ww2.arb.ca.gov/our-work/programs/transport-refrigeration-unit>

港口船舶的船主需要提交报告, 说明其船队的情况和达标合规计划。CARB工作人员会对报告进行审核, 并可能会对港口船舶开展合规确认检查。2019年CARB工作人员共计对315艘港口船舶进行了检查, 发布了2份违规通知, 并处罚金143000美元。

**现状与未来。**大多数未纳入管控的和Tier 1标准的老旧港口船舶发动机已经被或即将被更新为符合当前排放法规的Tier 2和Tier 3发动机。安装有尾气后处理装置的Tier 4港口船舶发动机也已经开始出现应用。根据CARB估测, 到2025年, 在现行管理法规下港口船舶的PM排放将比2004年减少75%, NO<sub>x</sub>排放减少60%<sup>50</sup>。

如图14所示, 未来大部分NO<sub>x</sub>排放仍将来自于没有尾气后处理装置的Tier 3发动机, 这表明需要升级管理要求以进一步降低排放<sup>51</sup>。管理部门正在研究通过加严管理, 要求升级使用带有尾气后处理装置的Tier 4发动机来减少NO<sub>x</sub>排放的可行性。但即使暂时不置换Tier 3发动机, 到2030年NO<sub>x</sub>排放量也将比2020年水平下降近一半<sup>52</sup>。

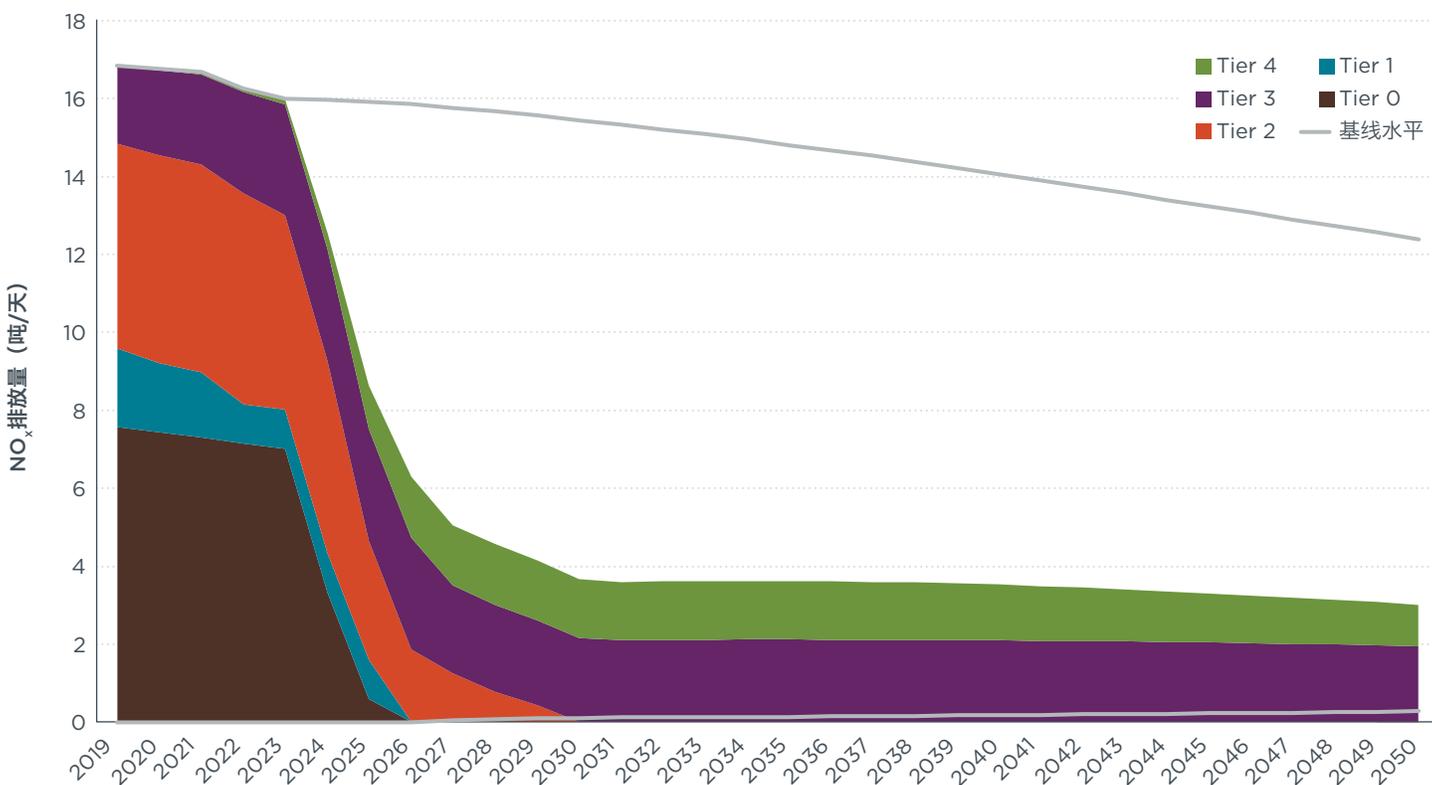


图14. 港口船舶按排放标准分的NO<sub>x</sub>排放

CARB已经开始探寻可以进一步减少港口船舶NO<sub>x</sub>和GHG排放的其他措施。这些措施包括扩大需要进行发动机升级的在用船舶类型, 加装颗粒物捕集器, 以及取消对50马力以下发动机的管理豁免。自2028年开始, 在用短途渡轮必须要转换为零排放驱动<sup>53</sup>。

50 <https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2020-07/chcfactsheet0516.pdf>

51 [https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2021-04/Revised\\_Draft\\_2020\\_Mobile\\_Source\\_Strategy.pdf](https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2021-04/Revised_Draft_2020_Mobile_Source_Strategy.pdf)

52 <https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2019-10/cmfeasibilityreport09302019.pdf>, Page 169

53 同上。

## 6.5. 降低现有远洋船舶的排放

**背景。** CARB将远洋船舶定义为设计用于深水航行, 长度大于400英尺, 承载能力大于等于10,000吨, 由单缸排量大于等于30升的点燃式柴油机驱动的商用船舶。远洋船舶包括油轮、散货船、汽车运输船以及载客游船。

这些船舶在起点、终点和停靠港口内活动会产生大量的NO<sub>x</sub>、PM、SO<sub>x</sub>以及其他有毒排放物, 会对附近和下风处的居民健康造成巨大危害。洛杉矶港和长滩港作为美国最大的港口, 港口内远洋船舶的NO<sub>x</sub>排放占比高达64%<sup>54</sup>。

船舶的直接排放由国际海事组织 (IMO) 负责管理, 燃料的硫含量也会受到限制。NO<sub>x</sub>标准分为三级 (Tier 1-3), 分别于2000年、2011年和2016年开始对新生产船舶实施。与Tier 1相比, Tier 2标准将NO<sub>x</sub>限值加严了约20%, 2016年出台的Tier 3标准在Tier 2标准的基础上将NO<sub>x</sub>限值加严了75%, 但这些限值仅适用于在船舶排放控制区 (ECA) 内运行的船舶, 比如2010年设立的北美船舶排放控制区。国际海事组织尚未为新生产船舶制定PM标准。

由于缺乏对远洋船舶发动机实施排放控制的权限, CARB采用了一些另辟蹊径的措施。CARB制定了一项自2014年开始全面实施的管理规定, 要求在加州沿海24英里范围内作业的船舶必须使用含硫量不超过0.1% (按质量计) 的馏分燃料。相比之下, 国际海事组织当时允许的硫含量限值为3.5%。低硫燃料可以减少硫酸盐颗粒的形成, IMO现在已将全球船用燃料的硫含量降低至0.5%。在实施方面, 会在加州水域开展执法监管, 可能会登船对船舶正在使用的燃料及其质量进行抽样。根据536次检查结果, 2019年的合规率约为99%。针对查出的六起违规行为处以了172500美元的罚款<sup>55</sup>。目前CARB的工作人员正在评估遥感技术, 以期能够在低费高效的基础上扩大执法范围。

CARB还出台了一项管理要求以减少船舶停泊时提供动力的辅助发动机所产生的排放。该管理要求适用于每年在加州港口停靠25次以上的集装箱船和冷藏货船, 以及停靠5次以上的游轮。这些船舶必须关闭辅助发动机并接入岸电, 由岸电为其80%的靠港时间提供电力。针对这一管理要求, CARB共进行了38次检查, 并对两起违规行为处以了997,005美元的罚款<sup>56</sup>。

2001年, CARB与洛杉矶和长滩港、EPA、南岸空气质量管理区、南加州船舶协会以及太平洋商船协会签署了一份谅解备忘录 (MOU), 发启了一项自愿性的船舶降速计划。在港口40海里范围内, 船舶将降速至12海里/小时, 作为回馈, 港口将减征靠港停泊费用。目前执行这一计划的船舶已超过90%。最近的一项研究报告表明, 在较低的航速下, 每海里的NO<sub>x</sub>、PM和CO<sub>2</sub>排放量可减少50%-60%<sup>57</sup>。

54 [https://www.aqmd.gov/docs/default-source/planning/fbmsm-docs/preliminary-draft-2023-ei\\_ports.pdf?sfvrsn=8](https://www.aqmd.gov/docs/default-source/planning/fbmsm-docs/preliminary-draft-2023-ei_ports.pdf?sfvrsn=8)

55 [https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2020-06/2019\\_Annual\\_Enforcement\\_Report.pdf](https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2020-06/2019_Annual_Enforcement_Report.pdf). 附录B-1

56 同上。

57 <https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/classic/ports/marinevess/vsr/docs/vsr.pdf>. 第xiv页。

**现状与未来。**2020年, CARB修订了管理规定, 要求在泊位关闭发动机, 将汽车运输船和油轮也纳入管理范围, 并要求每次到港停靠都必须使用岸电<sup>58</sup>。汽车运输船和油轮的PM排放占港口远洋船舶PM排放总量的一半, 使用岸电将减少90%以上的排放。更严格的管理要求将自2023年开始实施, 适用于目前该管理要求所覆盖的船舶类型, 汽车运输船和油轮将自2025年开始执行这一管理要求。

CARB目前也开始评估如何进一步修改远洋船舶管理规定从而进一步减少排放。其中一种方法是鼓励配备Tier 3发动机或带有水流喷射或SCR等NO<sub>x</sub>控制装置的Tier 2发动机的船舶优先使用加州港口。此外, CARB还在与EPA和其他合作伙伴开展合作, 敦促国际海事组织在2028年前出台Tier 4新生产船舶标准。目前, 船舶排放控制区内实施的远洋船舶Tier 3 NO<sub>x</sub>排放标准大约是道路或非道路重型卡车发动机的10倍, 并且由于船用柴油中的硫含量过高, 无法保障颗粒物捕集器的可靠性, 因此并未实施颗粒物排放标准, 有必要将燃料最大硫含量限值控制在15ppm左右。图15展示了实施这些管理战略能够实现的潜在减排量<sup>59</sup>, 到2031年, 与基线排放趋势相比, NO<sub>x</sub>排放量可下降75%以上。

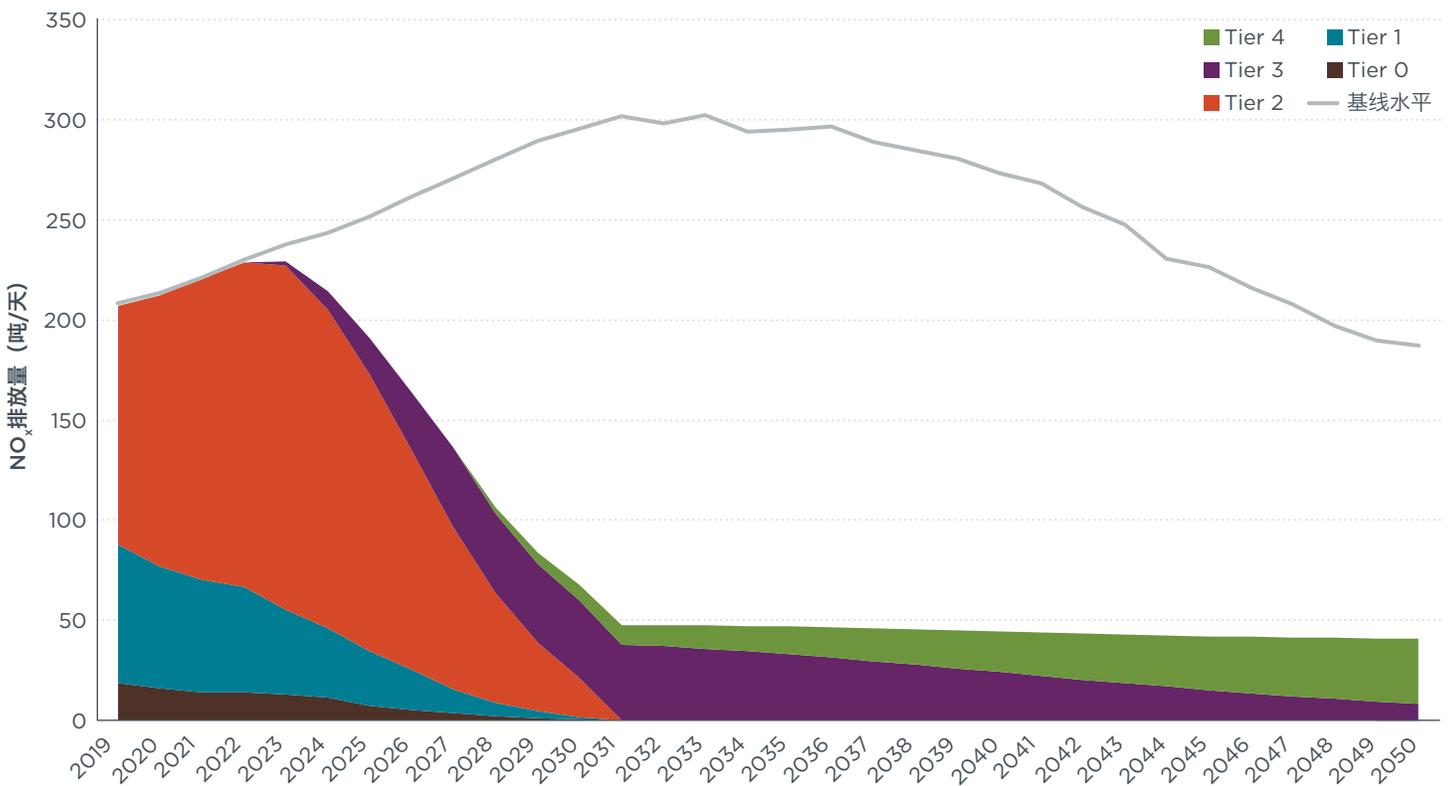


图 15. 远洋船舶按排放标准划分的NO<sub>x</sub>排放

58 <https://ww2.arb.ca.gov/rulemaking/2019/ogvatberth2019>

59 [https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2021-04/Revised\\_Draft\\_2020\\_Mobile\\_Source\\_Strategy.pdf](https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2021-04/Revised_Draft_2020_Mobile_Source_Strategy.pdf) 第148页。

## 6.6. 降低在用火车机车排放

**背景。**表6展示了EPA对新生产和翻新货运火车机车的排放标准要求,可以看出从1992年到2015年,火车机车的NO<sub>x</sub>和PM限值加严了80%以上,烟度限值加严了三分之一。

**表6.** EPA对新生产货运火车机车的排放标准要求 (单位: 克/制动马力-小时)<sup>60</sup>

Tier	车型年	NO <sub>x</sub>	PM	稳态烟度
0	1973-1992年	8.0	0.22	30
1	1993-2004年	7.4	0.22	25
2	2005-2011年	5.5	0.10	20
3	2012-2014年	5.5	0.10	20
4	2015年以后	1.3	0.03	20

联邦政府不允许各州对新生产火车机车和发动机出台地方排放标准。CARB和其他管理部门于2017年向EPA提出申请,要求对新生产和翻新的火车机车采用更加严格的Tier 5联邦管理标准。按照申请书中的说明,将NO<sub>x</sub>排放标准降至0.2克/制动马力-小时,PM限值降至<0.01克/制动马力-小时以及提出GHG减排10%-25%的限值是具有可行性的,同时还应要求在人口密集地区运行的火车机车具备零排放运行的能力。不过,截至2021年中期,EPA尚未有启动Tier 5标准制定的迹象。

在无权对新生产火车机车实施直接管理的情况下,CARB将减排战略转投到了在用火车机车领域。CARB与加州的两条1级(州际)铁路协商达成了一项非监管性谅解备忘录,优先在大洛杉矶地区运营使用更清洁的火车机车<sup>61</sup>。到2010年,根据大洛杉矶地区所使用的能源类型,火车机车的平均NO<sub>x</sub>排放量应达到5.5克/制动马力-小时或更低。按照谅解备忘录约定,未按时报告排放情况将被处以5,000美元/天的罚款,NO<sub>x</sub>年均排放每超出排放限值0.1克/制动马力-小时将被处以10万美元罚款。2019年报告显示,这两条铁路都达到了NO<sub>x</sub>减排目标<sup>62</sup>。虽然Tier 4火车机车自2015年已开始投入使用,但直至2019年应用率仍不到5%。

CARB还与这两条铁路签订了另外一份谅解备忘录,要求2008年以前在加州所有火车机车上安装自动减少怠速系统,如果怠速时间超过15分钟,系统将关闭发动机。此外,谅解备忘录中还包含另一项协议,即从2007年开始,火车机车在加州所使用的燃油中,至少80%应为超低硫柴油,铁路运营企业需开展可见烟度检测并对不透光烟度超过20%的发动机进行维修。签订这份谅解备忘录是由于公众对火车机车污染的投诉增加,同时也是担心居住在火车站附近的居民过度暴露于火车机车排放污染<sup>63</sup>。

60 翻新货车机车的标准限值略高一些,表中未展示非稳态(SS)工况下的HC、CO和烟度标准,详见: <https://dieselnet.com/standards/us/loco.php>

61 <https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2021-02/1998MOU.pdf>

62 <https://ww2.arb.ca.gov/resources/documents/rail-emission-reduction-agreements>

63 <https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2020-06/2005%20MOU%20Remediated%2003102020.pdf>

**现状与未来。** CARB正在考虑从2030年开始禁止车龄23年以上的火车机车在加州运行。这样可以实现在加州运行的大部分火车机车是Tier 4和零排放机车<sup>64</sup>。

为了推动向2030年禁令过渡, CARB正在考虑一种新方法, 以加速向最清洁火车机车转型。在加州运行的每台火车机车将根据该机车的NO<sub>x</sub>和PM排放率及其上一年度在加州的运行总量(以兆瓦时为单位)来评估一项年费。这笔费用将存入拥有该机车的铁路公司的储蓄账户。这笔存款资金只能用于购买最清洁的火车机车和零排放火车机车。购买零排放机车可以降低年费, 如果将零排放机车用于在空气污染最为严重的社区运行使用, 还可以获得额外的年费削减积分。这一概念可以间接鼓励加速购买新的、更清洁的机车。如果铁路运营企业将其最清洁的机车优先在加州使用, 也可以减少年费缴存。这项管理同时涵盖进出加州铁路段的货运和客运机车, 这两种机车的排放量占加州铁路机车排放总量的90%以上。

目前这项管理方案仍在制定过程中, 计划于2022年提交CARB委员会审议<sup>65</sup>。图16显示了老旧机车退役的预计影响。根据目前的预期, 在没有其他管理要求出台的情况下, 到2030年铁路机车柴油发动机的NO<sub>x</sub>排放量将减少75%, 到2050年将减少近80%。

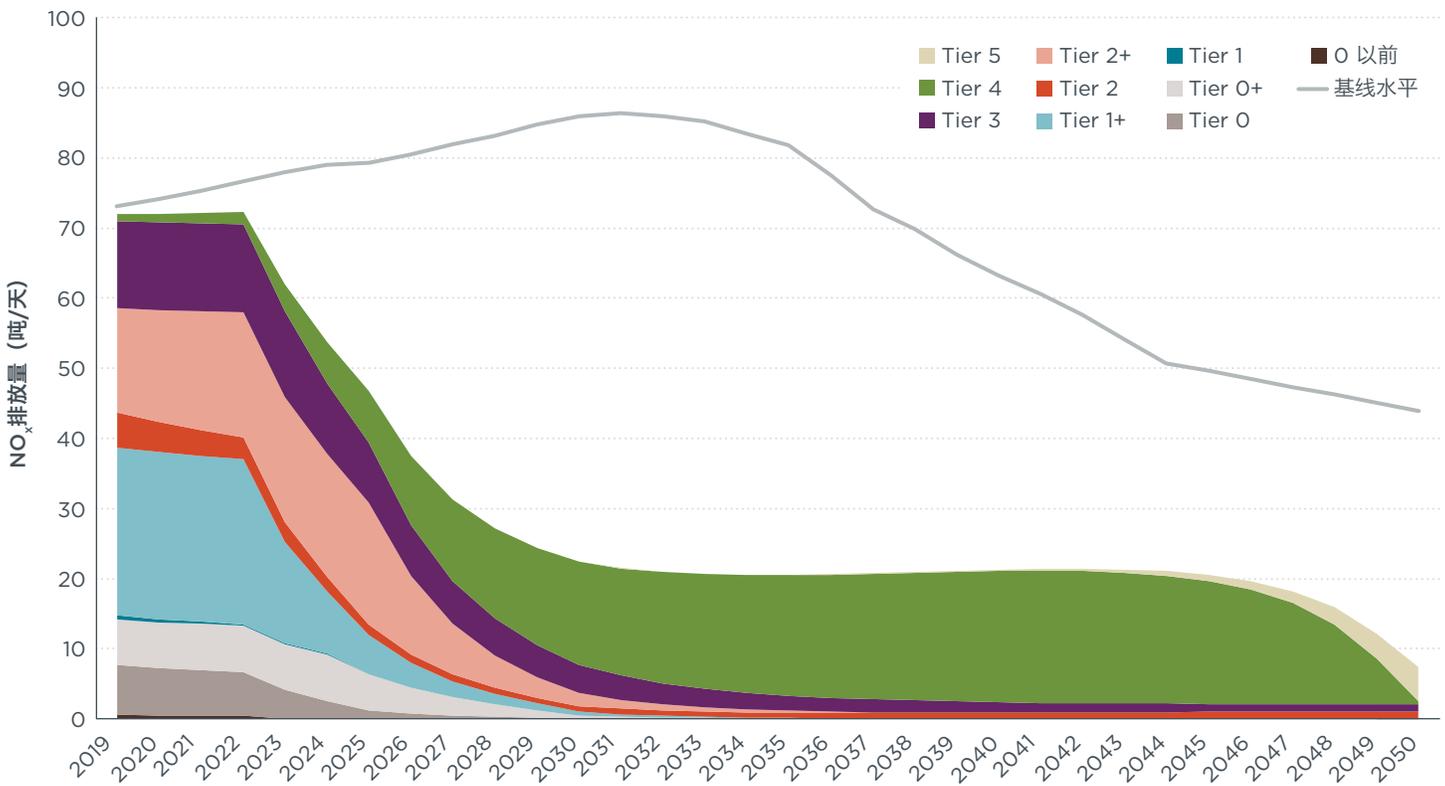


图16. 加速更新老旧火车机车的减排效果

64 [https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2021-03/Draft%20In-Use%20Locomotive%20Regulation%20Workshop%20Slides%203-30-2021\\_0.pdf](https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2021-03/Draft%20In-Use%20Locomotive%20Regulation%20Workshop%20Slides%203-30-2021_0.pdf)

65 [https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2021-04/Revised\\_Draft\\_2020\\_Mobile\\_Source\\_Strategy.pdf](https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2021-04/Revised_Draft_2020_Mobile_Source_Strategy.pdf) 第144-145页。

## 7. 柴油燃料

### 7.1. 规格和替代燃料

**背景。** CARB从1993年开始提出道路卡车柴油燃料规格要求。当时规定的硫含量限值为500 ppm, 芳烃含量从30%降至10%。在500 ppm的硫含量限值下, 二氧化硫排放量减少了80%以上。加严的芳烃限值则使未安装捕集器的发动机的NO<sub>x</sub>和PM排放分别减少了7%和25%<sup>66</sup>。另外, 苯和多环芳烃等有毒化合物的排放量也有所减少。CARB允许使用替代柴油配方, 但需要事先证明该配方在减排效果方面与10%芳烃规格要求具有同样的效果, 大部分燃料生产企业都采用了这一管理选项。

随着柴油车(机)风险降低计划于2000出台后, CARB于2006年将硫含量标准进一步降低至15 ppm, 以确保颗粒物捕集器的有效运行和再生, 从而满足自2007车型年开始实施的新生产柴油发动机PM排放标准。CARB同时还出台了润滑油规格要求。限值加严后, 含硫排放物进一步减少了90%, PM排放量进一步减少了4%<sup>67</sup>。这一次修订中, 要将管理范围扩大至非道路移动机械、火车机车、港口船舶和固定式发动机, 这些发动机很多此前都没有使用符合CARB标准的柴油燃料。表7展示了CARB对柴油燃料的规格要求:

表7. CARB的柴油燃料规格要求<sup>68</sup>

规格	限值	ASTM测试方法
硫含量	15 ppm	D5453-93
芳烃含量	10% (体积%)	D5186-03
API重力	最低39.6°	D287-82
润滑性	520 微米	D6079-02

EPA也于2006年在美国全国范围内实施了15 ppm的硫含量限值, 但并未实施CARB规定的其他规格要求。随着车队中越来越多的卡车和移动机械开始依靠高效的后处理装置来控制NO<sub>x</sub>排放, 与EPA的燃油规格要求相比, CARB燃料规格要求(低芳烃)所能带来的NO<sub>x</sub>绝对减排收益有所下降<sup>69</sup>。但对于尚未安装后处理装置的柴油移动机械, 例如火车机车和港口船舶, 芳烃标准还能继续带来NO<sub>x</sub>减排收益。

天然气发动机是柴油发动机的常见替代产品, 特别是在公交车和城市运输车领域。天然气发动机的PM排放要低于2007车型年以前的重型发动机(未安装颗粒物捕集器), 其NO<sub>x</sub>排放则低于当前最新的重型柴油发动机。表8展示了CARB对车用压缩天然气的规格要求, 全球化标准制定机构ASTM国际标准组织目前正在制定天然气燃料规格标准, 未来有可能会取代CARB的标准规格。

66 [https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2018-12/California\\_Low\\_Sulfur\\_Diesel\\_Fuel\\_Fact\\_Sheet.pdf](https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2018-12/California_Low_Sulfur_Diesel_Fuel_Fact_Sheet.pdf)

67 <https://www.arb.ca.gov/regact/u/sd2003/isor.pdf> 第9页。

68 针对替代配方的更多细节要求, 特别是关于提炼环节, 详见: <https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2020-03/dieselspeccs.pdf>。

69 [https://www.researchgate.net/publication/258150472\\_Assessment\\_of\\_the\\_emissions\\_from\\_the\\_use\\_of\\_California\\_Air\\_Resources\\_Board\\_qualified\\_diesel\\_fuels\\_in\\_comparison\\_with\\_Federal\\_diesel\\_fuels](https://www.researchgate.net/publication/258150472_Assessment_of_the_emissions_from_the_use_of_California_Air_Resources_Board_qualified_diesel_fuels_in_comparison_with_Federal_diesel_fuels)。

表8. CARB的车用压缩天然气规格要求<sup>70</sup>

规格	限值, 摩尔%	测试方法
甲烷	最低88%	ASTM D 1945-81
乙烷	6.0%	ASTM D 1945-81
C3和更高级别	最高3.0%	ASTM D 1945-81
C6和更高级别	最高0.2%	ASTM D 1945-81
氢	最高0.1%	ASTM D 2650-88
一氧化碳	最高0.1%	ASTM D 2650-88
氧	最高1.0%	ASTM D 1945-81
总CO <sub>2</sub> 和N <sub>2</sub>	1.5%–4.5%	ASTM D 1945-81
硫含量	最高16ppm (体积比例)	加州管理条例 (CCR第17章第94112节)

现状与未来。自2006年以后, 对柴油的规格要求没有发生过变化, 目前也没有相关修订计划。

## 7.2. 加州的低碳燃料标准

CARB于2009年出台了低碳燃料标准 (LCFS)。其目标是到2030年将加州销售的交通燃料碳强度 (CI) 降低20%。碳强度是对燃料生产、分配和消费环节所产生的温室气体总量的测量, 对于农作物制生物燃料而言, 还包括土地使用情况变化而产生的间接影响。

根据交通燃料的碳强度, 燃料生产企业或分销商会获得碳强度赤字或积分。汽油和柴油等燃料的碳强度大于标准要求, 会产生碳强度赤字。针对2022年, 标准要求石化燃料的碳强度降低10%, 如图17所示, 下降幅度会逐年增加直至2030年<sup>71</sup>。

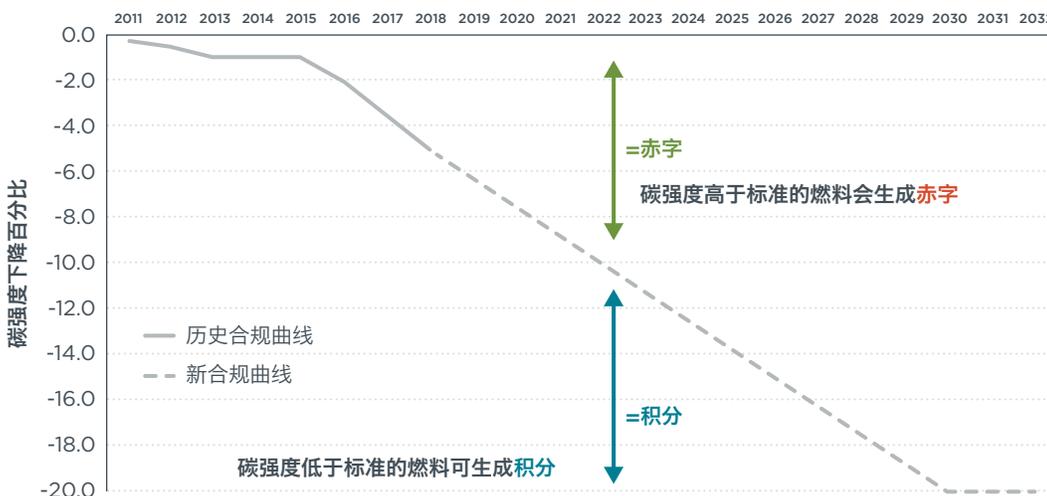


图17. 降低交通燃料碳强度要求

70 完整规格要求详见: <https://www.arb.ca.gov/regs/title13old/2292.5.pdf>.

71 <https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2020-09/basics-notes.pdf> 第23页。

产生了赤字（碳强度高于标准要求）的交通燃料生产企业或经销商必须获得正积分以抵消赤字。例如，燃料生产企业可以通过销售碳强度较低的燃料或向交通燃料碳强度低于标准要求的生产企业或用户处购买积分，比如零排放汽车充电使用的电力就属于碳强度低于标准要求的交通燃料。燃料分销站点也可以获得积分，比如车队所属的加油基础设施也可以视为分销站点，而燃料分销商在公共快速充电桩或加氢站提供较低的充电/加氢价格，也可以获得碳强度积分。

在低碳燃料标准下，生产低碳强度燃料的企业已经产生了大约30亿美元的收入。根据低碳燃料标准规定，未使用的积分可以储存，在2011到2019年期间已经存储了一些积分，2020年低碳强度燃料产生的积分大致与赤字相当，低碳强度燃料积分产生最多的燃料产品分别是生物/可再生柴油、乙醇、电力和生物甲烷。

**现状与未来。** 对于卡车运营商而言，通过将可获得积分的低碳燃料与传统柴油燃料进行成本比较，就可以看出低碳燃料积分的价值所在。例如，目前每吨低碳柴油燃料可产生价值200美元的积分，积分价格在过去两年一直保持稳定，相当于每加仑低碳强度的可再生柴油可产生价值1.69美元的积分，这样就会使得可再生柴油的价格比加州销售的传统柴油燃料低0.25美元<sup>72</sup>。在低碳燃料标准下，生物/可再生柴油在加州市场中的占有率达到了24%。电动卡车充电电能所产生的积分价值为每千瓦时0.17美元，可以用于完全抵消加州的非高峰电价，具体情况取决于充电桩所在的位置<sup>73</sup>。因此，电动卡车车队用户通过低碳燃料积分可以达到接近甚至实现燃料零成本。俄勒冈州、华盛顿州和不列颠哥伦比亚省也采用了类似的低碳燃料标准。

读者可下载低碳燃料标准基本介绍<sup>74</sup> 和管理标准完整版<sup>75</sup> 了解更多详细信息。

72 [https://afdc.energy.gov/files/u/publication/alternative\\_fuel\\_price\\_report\\_january\\_2021.pdf](https://afdc.energy.gov/files/u/publication/alternative_fuel_price_report_january_2021.pdf). Page 20.

73 <https://ww3.arb.ca.gov/fuels/lcfs/dashboard/dashboard.htm>. See text below Figure 7.

74 <https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2020-09/basics-notes.pdf>. 一份35页的PPT讲稿及说明。

75 [https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2020-07/2020\\_lcfs\\_fro\\_oal-approved\\_unofficial\\_06302020.pdf](https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2020-07/2020_lcfs_fro_oal-approved_unofficial_06302020.pdf).

## 8. 温室气体减排

**背景。**自2000年左右，人们开始越来越关注气候变化对加州居民健康和福利的影响，因此州议会要求CARB和其他管理部门采取行动减少气候排放。2002年，州议会投票通过了由CARB针对新生产乘用车制定的温室气体标准，并于2004年出台了这项标准，乘用车目前是加州最大的温室气体排放源。

2006年，州议会通过了《全球变暖解决方案法》（AB32），建立了应对气候变化的全面规划，并要求加州的温室气体排放量到2020年恢复至1990年的排放水平，即在当前基础上减排15%。州议会要求CARB制定相关管理法规，从而在技术可行性和成本效益最大化的前提下实现温室气体减排。《全球变暖解决方案法》还要求CARB根据市场实际情况，为不同类别的温室气体排放源（例如车辆燃料生产）制定年度减排限值要求。另外还出台了一些其他法案和行政管理规定来实现气候目标制定具体的期限，例如其中一项行政管理规定要求所有重型车辆及移动机械在具备可行性的情况下应在2045年以前实现零排放。

图18展示了2018年加州温室气体排放源清单，可以看到重型卡车是交通领域温室气体排放的第二大污染源。CARB和EPA在本世纪最初的十年中开始认识到减少重型卡车温室气体排放的必要性，并开始制定法规来减少这方面的排放。

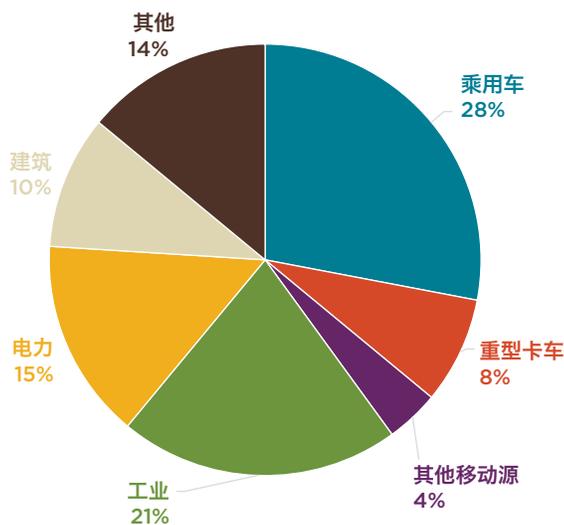


图18. 加州按产业划分的2018年温室气体排放清单<sup>76</sup>

**现状。** CARB和EPA合作，将分两个阶段对新生产道路重型发动机和卡车实施全国统一的CO<sub>2</sub>排放标准，自2014车型年开始实施，到2027车型年全面实施<sup>77</sup>。EPA在第二阶段标准中还出台了针对拖车的CO<sub>2</sub>排放标准。CARB直接采用了EPA两个阶

<sup>76</sup> [https://ww3.arb.ca.gov/cc/inventory/pubs/reports/2000\\_2018/ghg\\_inventory\\_trends\\_00-18.pdf](https://ww3.arb.ca.gov/cc/inventory/pubs/reports/2000_2018/ghg_inventory_trends_00-18.pdf) 第6页。

<sup>77</sup> 同时还制定了甲烷和氧化亚氮等其他温室气体的排放标准，主要是为了防止未来随着技术的变化而导致排放增加。另外还制定了空调制冷剂（HFC 134A）泄漏标准限值，但没有像乘用车那样对制冷剂的全球变暖潜能提出限制要求。

段的标准, 以便让联邦管理部门可以在加州开展合规执法, 同时确保了未来在EPA对管理标准所进行修订时, CARB可以参与意见。

**柴油发动机CO<sub>2</sub>标准。**新生产柴油卡车的CO<sub>2</sub>标准分别适用于发动机和整车。发动机标准主要是在提高柴油机能效技术的基础上制定的。如表9所示, 不同年型的发动机匹配不同重量的卡车会适用不同的标准限值, 这些标准是以单位功率排放为基础, 作业卡车的排放须通过瞬态和稳态 (SET) 发动机测试 (测功机) 来测量, 牵引车则只需进行稳态测试。测试规程方面则和测量NO<sub>x</sub>及其他污染物的规程是一致的。

**表9. 柴油发动机CO<sub>2</sub>排放标准**

单位: 克CO<sub>2</sub>/制动马力-小时

发动机年型	作业卡车			牵引车
	小型重型卡车2b-5级	中型重型卡车 6-7级	大型重型卡车8级	大型重型卡车8级
2014	600	600	567	475
2017	576	576	555	460
2021	563	545	513	447
2024	555	538	506	436
2027	552	535	503	432

从2014年到2027年, 柴油发动机的减排比例从8%到11%不等, 说明标准限值正在改善柴油发动机的CO<sub>2</sub>排放和能效。

**柴油卡车CO<sub>2</sub>标准。**对于新生产柴油卡车而言, CO<sub>2</sub>标准是基于传动效率改进、降低空气阻力、降低轮胎滚阻、降低车身重量以及其他影响CO<sub>2</sub>排放的因素来制定的。但这些技术要求中并没有包含对使用纯电动或混合动力卡车的预期, 因为在这项标准出台时, 电动或混合动力卡车的应用前景尚不确定。

因为有太多的卡车车型需要进行整车测试, 卡车的二氧化碳排放量是采用一个称为GEM (greenhouse gas emission model) 的计算机程序在温室气体排放模型中模拟测定的。在最新版本GEM中可以输入生产企业的发动机燃油图、变速箱特征、减排技术 (如减少怠速、轮胎压力系统、空气动力阻力和轮胎滚动阻力技术) 以及车辆的其他特性 (如重量和传动装置)。随后GEM会在三个预设的行驶工况循环下计算预期的CO<sub>2</sub>排放量, 这三个工况循环分别是: CARB的HHDDT工况、55和65英里/小时巡航工况以及停车和行驶过程中的怠速排放 (仅适用于作业车辆)。不同工况下的CO<sub>2</sub>排放经过加权后与CO<sub>2</sub>排放标准进行比较, 从而判定车辆是否达标。这种方法的一个缺点在于, 在执法环节中只能发现生产企业在模型中输入的参数与实际不符的问题, 因为没有现实中的CO<sub>2</sub>合规测试来与在用车排放测量值进行比较。

不同类型和用途的卡车适用不同的CO<sub>2</sub>标准, 牵引车和高顶货运卡车也有各自的标准, 表10展示了作业卡车的CO<sub>2</sub>标准限值。参考资料中提供了全套标准, 包括相对小型的重型卡车和更重型的牵引车所适用的标准, 同时还包括GEM模型的说明<sup>78</sup>。

78 I阶段CO<sub>2</sub>标准的完整介绍详见: <https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/classic/regact/2013/hdghg2013/hdghg2013isor.pdf>, II阶段详见: <https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/classic/regact/2018/phase2/isor.pdf>。请注意参考资料表ii-12中的单位是错的, 应当为克/制动马力-小时。

**表10. 柴油作业卡车CO<sub>2</sub>排放标准**

单位: 克CO<sub>2</sub>/吨-英里

车型年	作业卡车分类和卡车使用方式分类 (2021+)								
	小型重型卡车2b-5级			中型重型卡车 6-7级			大型重型卡车8级		
2014	388			234			226		
2017	373			225			222		
	城区	多用	区域	城区	多用	区域	城区	多用	区域
2021	424	373	311	296	265	234	308	261	205
2024	385	344	296	271	246	221	283	242	194
2027	367	330	291	258	235	218	269	230	189

**挂车。** CARB于2010年通过了一项有效的管理法规, 要求53英尺(含)以上的在用箱式挂车配备或加装空气动力改善装置(通常为侧裙板), 以实现燃油消耗量降低5%。该法规还要求拖车及其牵引车都使用低滚阻轮胎。这项管理法规适用于加州道路上行驶的大多数长箱挂车。虽然对这一法规的执法力度很小, 但观察发现大多数挂车目前都已经安装了侧裙板或其他降低空气阻力的装置。

随后, EPA出台了一项规定, 要求在美国全国范围内销售的各种长度的挂车(2018款及更新款)满足CO<sub>2</sub>标准(单位: 克/吨-英里)。随着时间发展, 限值也在不断加严。挂车的CO<sub>2</sub>标准合规性也是基于GEM模型计算的, 在模型中以一台标准牵引车来拖动挂车, 然后输入挂车的各项减排技术, 例如侧裙板、低滚阻轮胎、后门整流罩、胎压监测和自动轮胎充气系统等。表11展示了对新生产箱式挂车的性能标准要求。

**表11. 箱式挂车的CO<sub>2</sub>标准<sup>79</sup>**

车型年	完全空气动力优化挂车		部分空气动力优化挂车	
	短款 ≤ 50 英尺	长款 > 50 英尺	短款	长款
2018-2020	125.4	81.3	125.4	81.3
2021-2023	123.7	78.9	123.7	80.6
2024-2026	120.9	77.2	123.7	80.6
2027+	118.8	75.7	123.7	80.6

部分空气动力优化挂车是指具有工作装置或突出物的挂车, 这些装置或突出物限制了侧部或后部整流罩的使用, 如升降门或挂车中部安装有箱体。冷藏挂车的标准限值略高于表中所示, 因为冷藏挂车前部的制冷装置限制了空气动力优化装置的使用。其他类型的挂车, 如油罐或集装箱, 须遵守规定标准, 按要求使用低滚动阻力轮胎、轮胎压力监测器或自动充气系统。

CARB已将其管理要求与EPA的管理法规协同一致, 但保留了所有在加州道路上使用的挂车(不仅是新生产挂车)必须按规定使用CO<sub>2</sub>减排装置的要求。

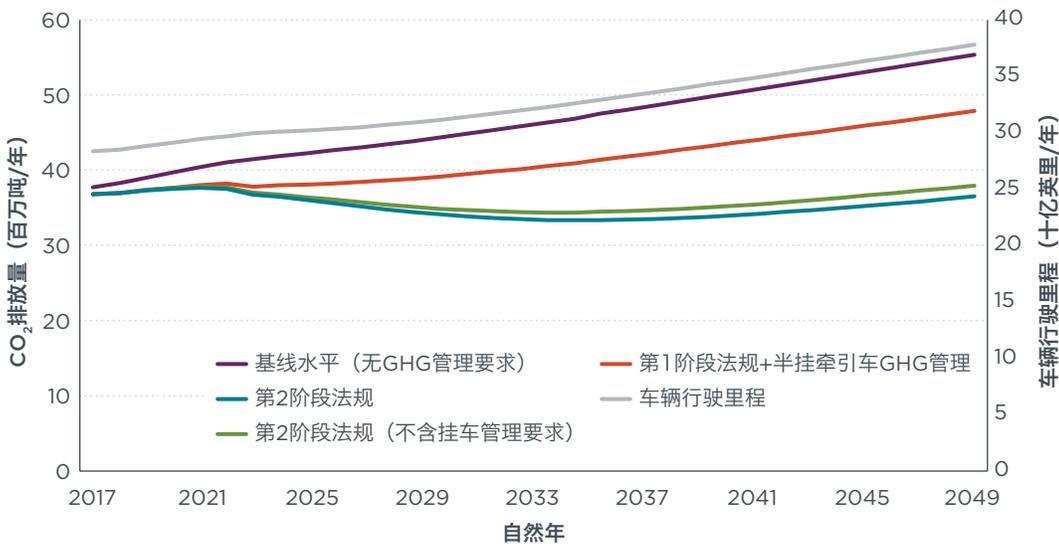
<sup>79</sup> <https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/classic/regact/2018/phase2/isor.pdf> 表III-9和表III-10。

**减排效果。**表12展示了车辆和挂车从1阶段到2阶段管理的减排比例和达标合规成本变化。

**表12.** EPA 2阶段温室气体管理法规下的单车减排幅度和达标成本<sup>80</sup>

车辆类型	GHG减排比例	GHG减排比例和车辆价格增长比例，%		
		2021车型年	2024车型年	2027车型年
牵引车		13	20	25
挂车		5	7	9
作业卡车		12	20	24
皮卡和厢式货车		2.5	10	13
<b>价格增长比例</b>				
牵引车		6	10	12
挂车		3	4	4
作业卡车		1	2	3
皮卡和厢式货车		1	2	3

CARB计算了加州两个管理阶段的CO<sub>2</sub>减排量预期，包括了管理法规涉及的所有车辆和挂车类型。与不实施管理标准相比（基准情景），到2030年加州的CO<sub>2</sub>排放量将减少23%，到2050年将减少34%<sup>81</sup>。图19展示了第1阶段和第2阶段法规对于目标车辆的减排影响，进一步确认了加州迫切需要第2阶段法规来应对增长的运输里程（VMT）所带来的CO<sub>2</sub>减排需求。



**图19.** 加州卡车和挂车的道路CO<sub>2</sub>排放

<sup>80</sup> <https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2016-10-25/pdf/2016-21203.pdf>, 第73482页。

<sup>81</sup> <https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/classic/regact/2018/phase2/appf.pdf>, 图F-1。

**未来。** 尽管排放量的减少是显著的,但随着经济的增长,卡车行驶里程(VMT)预计将有所增加,这会在很大程度上抵消减排收益。2050年,CO<sub>2</sub>排放量将与2017年持平。这是因为柴油发动机已经相当高效,进一步提高发动机效率的机会有限。同样,箱式货车空气动力技术和轮胎滚阻进一步改进的空间也较为有限。

美国国家科学院在2017年发布的一份研究报告也证实了这一论断,该报告反映了美国国家科学院对在第2阶段排放标准基础上进一步降低中重型车辆燃油消耗量和温室气体排放量的技术和措施评估,结论表明有一部分柴油发动机的CO<sub>2</sub>排放有可能降低至优于EPA 2027年标准的水平<sup>82</sup>。

然而,无论是现行标准还是未来更加严格的标准都不能提供足够的温室气体减排来逐渐将柴油卡车的排放降至接近零排放的水平。这说明需要采取更积极的行动来向零排放卡车转型,我们将在下一章中讨论这方面的内容。

---

82 Reducing Fuel Consumption and Greenhouse Gas emissions of Medium- and Heavy-Duty Vehicles, Phase 2 Final Report (降低中重型车辆的油耗和温室气体排放, 2阶段最终报告), 美国国家科学研, 工程与医药, 2020年, 表6-24。

## 9. 零排放管理方案

**背景。**加州已将自己定位为应对气候变化的全球领跑者，作为这一承诺的一部分，加州州长纽森于2020年9月发布了一项行政令，要求CARB针对柴油车辆和移动机械采取以下行动<sup>83</sup>：

- » 制定并提出中重型车辆管理法规，要求增加在加州销售和运营的零排放卡车和公交客车新车的数量，从而实现到2045年所有车队100%过渡到零排放车辆的目标，以及到2035年所有接驳卡车实现零排放。
- » 与加州其他管理部门、EPA以及各空气质量管理区开展合作，制定并提出战略，从而在2035年前实现加州非道路车辆和移动机械100%零排放。
- » CARB、能源委员会、公用事业委员会和加州的其他相关部门将利用现有权限，以符合加州和联邦法律的方式，在所有社区，特别是低收入和弱势群体社区，加快推进价格合理的零排放汽车燃料补给及充电途径。

在上述背景下，CARB从推进零排放道路卡车开始入手启动了两项管理要求。目前，所有重量级别的零排放卡车的数量均有所增长，北美市场上有100多种车型可供选择，从运营总成本来看，这些零排放车辆的成本会比柴油车更低，说明零排放卡车具备一定的实用性和经济性。

### 9.1. 增加零排放中重型卡车的新车销量和使用量

**现状与未来。**目前，很有必要加快推动柴油卡车向零排放转型，才能减少大洛杉矶地区的NO<sub>x</sub>和PM<sub>2.5</sub>排放并在2035年前后实现环境空气质量达标。中重型卡车的温室气体排放量占加州温室气体排放总量的8%，因此向零排放卡车转型对于实现加州所制定的全经济体系净零碳目标也是至关重要的。CARB计划通过两项新的管理法规来推动柴油卡车实现零排放转型。

2020年6月，CARB出台了上述两项新管理法规中的第一项，即《先进清洁卡车管理法规》，该法规要求2024年在加州开展业务的重型柴油卡车生产企业开始销售额定总质量大于等于8501磅的零排放卡车新车，以确保市场上可以有比较多样的车型来供消费者选择<sup>84</sup>。该法规适用于在加州销售和登记注册的卡车，这大致相当于在城区范围行驶的日均行驶里程较短（约100英里）的卡车群体。美国的长途州际卡车通常是在国际注册管理要求下进行登记注册，而不是在各州进行注册，因此不受本法规的约束。

图20显示了加州对新重型卡车的零排放车辆销售比例增幅要求<sup>85</sup>（按重量级别划分）。举例说明一下，2b级和3级车辆主要包括大型皮卡和箱式货车，4-8级车辆主要包括物流卡车、大型箱式卡车、公交客车和自卸卡车。到2035年，对零排放车辆的加权销售占比要求为58%。

<sup>83</sup> <https://www.gov.ca.gov/wp-content/uploads/2020/09/9.23.20-EO-N-79-20-Climate.pdf>

<sup>84</sup> 最初的征求意见稿在委员会听证环节进行了修订，增加了对零排放卡车销量比例的要求，委员会修订内容详见：<https://ww3.arb.ca.gov/regact/2019/act2019/30dayattb.pdf>，原版征求意见稿（包含更多管理细节）详见：<https://ww3.arb.ca.gov/regact/2019/act2019/isor.pdf>。

<sup>85</sup> 卡车按车辆额定总质量（GVWR）分级定义：2b/3级：8,501-14,000磅；4-8级：14,001磅以上；7-8级牵引车：26,001磅以上。

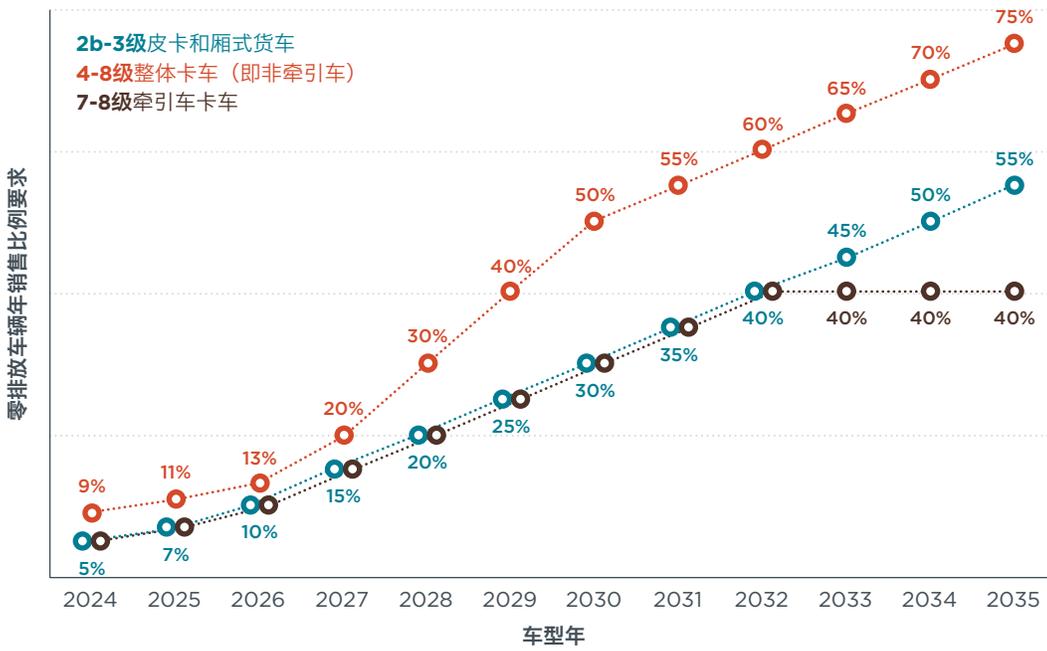


图20. 《先进清洁卡车管理法规》所要求的零排放卡车销售比例

为了确保有足够的消费者来购买零排放卡车, CARB目前正在制定第二项管理法规, 要求大中型车队购买规定数量的零排放卡车。这一从需求侧出发的法规预计将在2022年中旬由CARB委员会审议通过<sup>86</sup>。

CARB的分析表明, 在2030年之前, 随着零排放汽车价格的下降, 大多数零排放卡车的拥有总成本将低于柴油卡车<sup>87</sup>, 其他第三方研究也证实了这一观点<sup>88</sup>。零排放汽车拥有成本下降的主要原因是电力成本远低于柴油燃料成本。因此, 随着时间的推移, 节油收益可以抵消购置零排放新车所需投入的较高资金成本。另外, 电力作为交通运输燃料, 还能够获得低碳燃料积分(详见上文7.2节), 从而进一步降低车辆拥有成本。但也会有一些节油收益无法抵消零排放汽车购置成本增幅的例子, 比如校车由于年行驶里程较少, 燃油消耗量较低, 因此被排除在法规拟定的管理范围之外。加州目前正在筹措资金将老旧校车更换为零排放车型, 从而保护儿童免受柴油车排放的危害。

CARB之所以双管齐下同时考虑供应侧和需求侧管理主要是出于以下因素。零排放重型卡车的新车价格预计要到2030年以后才会低于柴油卡车, 因此如果没有管理要求的推动, 零排放卡车的销量很可能会低于对生产企业的产量要求。而一味等待生产和销售自然实现平衡是不可行的, 因为我们面临着CO<sub>2</sub>减排需求, 只有零排放卡车的销量扩大了才能推动车辆价格下降, 因此从需求侧出台管理法规有助于保障市场的增长。

86 该法规仍在制定过程中。跟进制定进展详见: <https://ww2.arb.ca.gov/our-work/programs/advanced-clean-fleets/advanced-clean-fleets-meetings-events>

87 <https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/classic/regact/2019/act2019/30dayattc.pdf>, 第13页。

88 [https://caletc.com/assets/files/ICF-Truck-Report\\_Final\\_December-2019.pdf](https://caletc.com/assets/files/ICF-Truck-Report_Final_December-2019.pdf), 附件B。

在加速零排放卡车销售的同时,也有一些缓解因素可以降低车队运营业主的成本。除了电力使用成本要大幅低于柴油燃料之外,按揭购买新卡车可以将购置成本分散至多年时间,在很多情况下电动卡车较低的运营成本能够抵消额外增加的月供。加州电力公司目前负责承担安装充电基础设施的费用,包括变压器、导管和电缆等,以减少卡车车主的支出。CARB目前还提供购买鼓励,以激励早期消费者和小规模业主购买使用新能源卡车,我们将在下一节中具体讨论这方面的内容。

CARB正在制定一些针对车队的管理要求,要求车队在《先进清洁卡车管理法规》的基础上,更快地实现向零排放汽车过渡转型。例如CARB出台了一项清洁公交管理要求,要求各区的公交车队从2023年开始购置零排放公交客车,自2029年起需要100%购买零排放公交客车<sup>89</sup>。零排放公交客车可以是纯电动客车或燃料电池客车。

根据规定,柴油机场巴士也必须在2035年之前完成整个车队的零排放车辆替换。表13展示了正在制定中的车队零排放车辆购置要求。

**表13. 针对车队的零排放卡车和公交客车购置要求**

车队类型	管理法规出台或计划出台的时间	新购置车辆100%零排放或车队100%实现零排放*
公交	2018年出台	2029年新购置100%零排放
机场巴士	2019年出台	2035年整体车队100%零排放
接驳卡车	计划于2022年出台	2023年新购置, 2035年整体车队100%零排放
公有车队	计划于2022年出台	2027年新购置, 2035年整体车队100%零排放
厢式卡车; 场地卡车	计划于2022年出台	2031年整体车队的50%, 2035年整体车队100%零排放
作业卡车; 货运卡车	计划于2022年出台	2033年整体车队的50%, 2039年整体车队100%零排放
带休息舱的货运卡车	计划于2022年出台	2036年整体车队的50%, 2042年整体车队100%零排放

\* 所有计划出台的车队管理规定, 达标日期都将根据CARB工作人员的建议来设定, CARB的工作人员还会提出一些表中没有列出的过渡性要求。这些管理要求只针对于在加州购置的车辆, 而且也在规定中纳入了“在可行的情况下”的提示, 表明可能存在一些无法更换零排放车辆的应用领域。这项管理规定适用于车队中的所有车辆, 并不仅仅是针对柴油车。

## 9.2. 增加零排放非道路车辆和移动机械的销量和使用

加州政府要求CARB与地区管理部门及EPA合作, 共同制定战略方案, 在2035年之前全面完成加州非道路柴油机械向零排放转型。尽管已经在制订要求整体式卡车、叉车和货运处理设备使用零排放制冷设备的管理方案, 但CARB的工作人员还着眼于制定一套综合全面的管理战略, 另外还在开展港口船舶等其他领域使用零排放驱动的可行性评估。政府部门会为推动零排放非道路移动机械提供尽可能的支持, 以激励早期市场的发展。例如, 地方政府可以要求在其出资的建设项目中使用零排放移动机械来创造应用需求。

## 9.3. 零排放道路卡车的燃料补给基础设施

加州在建设乘用车充电站方面已经走在了前列, 虽然大部分车辆是在家中进行充电, 但加州也在不断建立越来越多的快速充电站, 为居住在公寓楼里无法在车库充电的车主提供充电支持, 同时也为使用频率较高的出租车或跨城出行的车辆提供充电便

<sup>89</sup> [https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2019-10/ictfro-Clean-Final\\_0.pdf](https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2019-10/ictfro-Clean-Final_0.pdf)

利。目前大多数快速充电站都是由私人公司安装建设的, 随着插电式电动汽车数量的不断增长, 其发展速度已经超过了快速充电站的发展, 加州正在鼓励筹措资金, 以实现电动汽车增长与快速充电站建设的匹配发展。

在城区使用的重型卡车通常会在停放的地方进行夜间充电。由于卡车的电池容量更大且在停放地通常会有多辆卡车需要过夜充电的情况, 从而产生了大量充电基础设施建设投资需求。加州三家由投资者拥有的公用事业服务公司已承诺将投入超过7亿美元, 提供上游的电力基础设施建设, 如变压器和管路, 以激励电动卡车市场的早期增长。随着市场的扩大, 电动卡车在白天广泛使用也将需要安置更多的快速充电桩, 另外这些充电桩还将为跨区运营无法当天回到基地充电的电动卡车提供充电支持。到2030年, 预计需要157,000个充电桩来为180,000辆中重型零排放卡车提供充电支持<sup>90</sup>。加州成立了一个规划与支持工作组, 涉及加州的29个管理机构 and 部门, 以确保充电基础设施满足所有类型零排放汽车不断增长的充电服务需求。其中一个挑战在于协调卡车车队场站充电基础设施的安装与零排放卡车购置和交付之间的协同同步。目前由于规划和审批方面的因素, 一些卡车车队需要花费一年多的时间来安装充电基础设施, 很有必要减少这方面的流程拖延。

---

<sup>90</sup> <https://www.energy.ca.gov/programs-and-topics/programs/electric-vehicle-charging-infrastructure-assessment-ab-2127>

## 10. 激励方案

**背景。** 自20世纪90年代以来, CARB一直采用财政激励措施来帮助鼓励清洁车辆和移动机械的示范及早期商业推广, 而私人企业和联邦政府则更专注于研发更高效的发动机和排放控制技术。激励方案的资金通常来源于针对车辆收取的相关税费, 而没有采用加州政府的常规财政资金。

加州开展的第一项财税激励项目名为“Carl Moyer方案”(以纪念加州空气平权的先驱), 该方案于1998年推出, 重点是通过提供补贴鼓励购买比法规要求更清洁的车辆(如天然气重型车), 从而降低NO<sub>x</sub>和PM排放, 实现环境空气质量达标。这项持续性激励方案每年约可提供9000万美元补贴, 由各空气污染控制区负责在辖区内实施。

2009年, 加州设立了一个名为“空气质量改善方案”的新激励基金, 该激励基金每年可获得2500-3000万美元的资金, 其目标也更为宽泛, 即通过采用最清洁的技术来减少气候污染物、NO<sub>x</sub>和PM排放。最近, 在“空气质量改善方案”下资助了一项卡车贷款计划, 来为那些无法通过传统融资方式购买清洁卡车的小型车队业主提供贷款。

另外, 也有一些设立一次性基金来鼓励购买清洁卡车的契机, 例如CARB与大众汽车就其柴油轿车和SUV通过非法安装失效装置导致排放升高事件的和解方案, 为了抵消其违规车辆对空气质量造成的损害, 大众支付了超过4亿美元, 用于推动老旧重型卡车、公交客车和移动机械向更清洁的车型更新换代, 从而减少加州的NO<sub>x</sub>排放。其他一些违法行为的和解方案也可以为清洁技术应用提供资金支持。大众汽车还同意出资8亿美元安装建设新的充电基础设施。加州收取的所有罚金都被存入了一项仅可用于改善空气质量的专项基金, 该基金的支出使用必须获得州议会的批准。

在2006年《全球变暖解决方案法》(AB32)的授权下, CARB出台了一项总量控制与交易计划, 要求温室气体的主要排放主体每年降低排放量, 如果不能降低排放则需提供补偿或向加州政府购买减排积分。州议会向CARB提供了购买积分的部分收入, 用于实施低碳交通管理方案<sup>91</sup>。近年来, 每年提供的近5亿美元经费大部分用于为零排放乘用车和零排放/近零排放卡车提供新车购买激励。其中, 用于重型卡车和非道路移动机械的资金每年约为2亿美元, 大部分用于在“混合动力和零排放卡车及公共客车代金券激励项目(HVIP)”下为零排放卡车提供购买激励。大约一半的资金会用于补贴低收入人群, 2020年HVIP项目共计为1,200位中重型零排放卡车车主提供了购置激励。

<sup>91</sup> 例如, 2019/20财年年度的资金计划详见: <https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2019-09/fy1920fundingplan.pdf>.

图21展示了激励方案的其他几项资金来源以及资金的具体使用方向<sup>92</sup>。

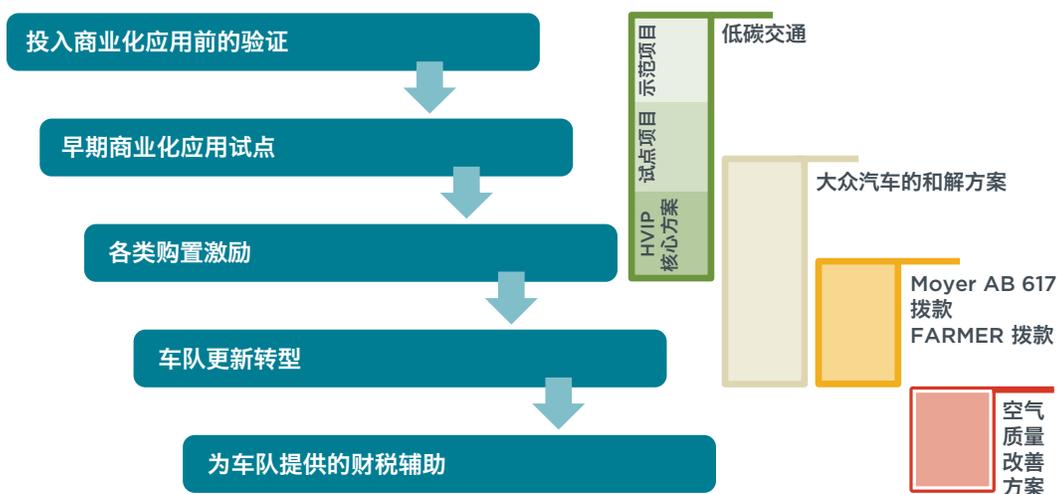


图21. CARB的激励方案及其使用方向

**现状与未来。**大多数激励方案都是由行政收费来支持的，总量控制与交易计划的授权实施期限到2030年。对大众汽车的处罚和其他一些执法和解罚金属于偶然性资金来源，数额取决于违规污染排放造成的空气质量损害程度，这类资金也可能并不会直接用于支持柴油车减排方案。

这类资助方案在新技术的推广应用方面一直发挥着重要作用，并且这种作用未来还将延续。特别是在零排放卡车早期商业推广方面，因为零排放卡车的初期购置成本较为高昂。不过，随着零排放卡车销量的增加，政府资金到了某个时间点将会不足以再继续提供购买激励。这就需要生产企业通过进一步开发和扩大产量来降低零排放卡车的价格，使其与传统卡车价格接近甚至更低，加上零排放卡车较低的运营成本，最终将实现零排放卡车的拥有总成本低于柴油卡车。

<sup>92</sup> 图表中所示的内容并不是完全对应正文中所提到的HVIP项目，同时还包含了购置清洁农用移动机械拨款（FARMER）以及弱势群体社区减排方案支持拨款（AB617）等其他项目。

## 11. 总结——获得的经验

加州自1974年开始实施柴油车减排管理要求, 预计这项工作最早要到2040年才能全部完成。加州花了几十年的时间开展研究, 来了解排放量及其对公众健康的影响, 外加研发的解决这些问题的减排技术并证明其有效性的时间。由于必须将更先进的排放控制技术与发动机设计相结合, 很难对存量发动机进行排放控制系统改造。因此, 用更清洁的柴油机来取代高排放柴油机也需要几十年的时间。不过, 清洁柴油燃料却是立竿见影的减排措施, 使用清洁柴油燃料都能够立即减少所有柴油发动机的排放, 无论发动机机龄新旧, 在道路车辆还是非道路机械上应用都能实现减排。

对于最近开始或计划开始制定柴油车(机)排放控制方案的政府来说, 能够以更快的方式来消除柴油车(机)排放所带来的不利影响, 因为加州、EPA和欧盟已经采取过的一些步骤是可以阶段性跳过的, 在出台管理方案时可以直接要求使用最先进的技术。

根据CARB在减少柴油车和其他移动排放源方面的历程, 我们总结了以下几条值得参考和学习的经验, 可用于当前和未来的相关排放控制工作。

**法律授权实施有效的排放控制管理条款。**需要授权一家管理部门来出台各项行动措施, 以实现既定的减排目标。减排目标必须明确, 例如要求必须满足能够保护人体健康的空气质量标准, 或是提出气候污染物减排比例或是排放上限。在制定减排目标时必须包含实现目标的日期。在实现目标的过程中也需要其他管理部门的参与, 但需要明确的是, 各部门所开展的行动是为了实现同样的目标, 并且必须有一个牵头部门来领导各部门协同开展工作。

**明确实施管理和处罚。**一项管理法规或管理要求如果不能被充分执行就难以成为公平有效的管理法规。需要让那些花费了人力物力去遵守管理规定的守法者知道违反规定的违法者会面临严厉处罚, 让守法者具有举报违法者的积极性。CARB有一项不成文的规定是, 在处理违规行为时, 罚款将作为和解处理方案中的一部分。罚款数额必须足以起到阻止其他人违规的震慑作用。这一点很重要, 因为管理机构不太可能拥有足够的资源来判定所有被管理对象是否合规, 如果将违规罚款和处理方案公之于众, 能够更有效的发挥其震慑作用, 因此CARB每一次处理违规行为时都会这样做。

**招募有技术能力的工作人员和资源来支持开展独立的数据分析。**成功制定管理法规和管理要求以减少污染排放通常是一个倒推性的过程。管理部门的工作人员需要和行业企业以及其他相关部门进行沟通交流, 特别是在技术可行性和成本等关键问题上。例如, CARB发现行业企业有时不会披露有关技术或成本的最新信息, 这就需要管理部门的工作人员有技术能力来开展独立评估并通过实验室设备来对车辆的排放性能及最新技术进行测试。在用车排放测试能力对于有效实施管理也是至关重要的。实践表明, 能够独立获取排放数据是CARB成功制定排放控制方案的最有力工具。

**技术推进式的排放标准对于新车管理十分有效。**技术推进式的管理法规会给车辆生产企业和排放控制技术企业带来挑战，促进他们开发和验证最高效系统的可行性。这就要求为新技术的商业化应用提供必要的过渡期。例如，CARB的工作人员曾与西南研究院合作评估、开发和测试发动机及排放控制系统，将重型柴油发动机的NO<sub>x</sub>排放降低了90%，这项研究为CARB在2020年出台的0.02克/制动马力-小时的NO<sub>x</sub>标准（2027车型年实施）提供了技术支持。在此项研究之前，所有发动机生产企业都认为这一标准是无法实现的。几乎所有机动车排放法规都是基于这样的过程制定出来的，并且几乎所有管理法规都已成功实施。只有极少数管理法规在实施中遇到了问题，相关生产企业和CARB会共同研究解决方案，通常都会给予更长的技术发展周期，而不会放宽排放标准要求。

高度透明的标准制定流程会让这项工作变得更加高效，可以通过举办公开的研讨会来听取相关企业和部门的意见，并在管理法规出台之前征求各方的建议，这样可以减少标准制定过程中的反对呼声。即便CARB最后可能并不接纳相关企业和部门提出的意见，他们也会在意是否具有表达自己观点的权力。

**将发动机和燃料视为一个整体。**降低柴油燃料的硫含量限值能够减少柴油机颗粒物排放，降低芳烃限值则能减少NO<sub>x</sub>排放。此外，降低硫含量也是使用颗粒物捕集器和NO<sub>x</sub>催化器的前提，还能直接减少未安装此类设备的柴油车辆和移动机械的颗粒物排放。

**优先关注能够实现大幅度减排的契机。**在早期针对重型柴油车开展的减排管理过程中，新生产卡车发动机的排放标准经历了若干个阶段，限值从6克/制动马力-小时降至5克/制动马力-小时并最终达到4克/制动马力-小时。这些标准的发展变化很重要，因为它们促进了排放控制技术的发展。然而，每一阶段的限值加严仅带来了相对较小的减排收益，但却给发动机生产企业带来了相当大的成本增加。而在通过标准法规强制推动尾气后处理技术的商业化应用后，NO<sub>x</sub>和PM的排放量则在标准的一次迭代过程中降低了90%以上。CARB近来对NO<sub>x</sub>标准进行了修订，要求NO<sub>x</sub>排放再减少90%。

**车载诊断系统（OBD）是排放控制管理的无名英雄。**OBD在提高排放控制系统耐久性和提升在用车排放合规方面所发挥的作用比任何其他管理法规都要更大。自2013起，所有2013车型年及以后更新车型的道路柴油机都需要安装全面的诊断监测系统。OBD系统有助于进行质保返修，保护卡车车主的利益，同时还能鼓励发动机生产企业提升产品耐久性从而减少质保返修成本。OBD正在成为一种筛查道路高排放卡车的快速检查手段，还能够支持远程监测。通过OBD系统来监测柴油车的尿素水溶液（要求卡车驾驶员定期补充）可以确保关键的NO<sub>x</sub>控制装置正常工作并且在控制装置无法正常工作时能够强制卡车停止运行。在卡车获准上市销售之前，有必要让管理部门的工作人员全面了解OBD系统，从而确保OBD系统完全符合管理要求。

**有效的在用车合规管理方案是至关重要的。**在生产企业成功满足了新生产发动机和车辆排放标准后，其产品会被获准上市销售。但是，实际道路减排通常却会低于管理预期。导致这种情况的原因通常与生产企业有关，例如产品存在设计缺陷，但并未在开发和排放认证阶段发现缺陷问题。另外，在某些特定的工况模式下排放会有所升高，但这种工况条件并未包含在上市前的合规试验当中。要解决这个问题，就需要基

于在用车测试来制定出一套有效的合规管理方案。便携式排放测量系统 (PEMS) 可以在卡车行驶过程中记录车辆排放, 这样就能够筛查出排放控制系统耐久性可能存在缺陷的发动机系族并可能会导致召回。将PEMS系统安装在随机选取的卡车上能够发现会导致排放升高的运行工况, 从而改进管理要求。近来, 通过PEMS测试已经成功发现柴油卡车在低负载和低速行驶条件下会产生过高的 $\text{NO}_x$  排放, CARB出台了新的低负载测试规程和排放标准, 很快将把这些新的管理要求纳入到售前认证当中, 从而提高管理法规的实施效力。

另一方面, 也需要通过有效的合规监管来限制车主的一些行为, 比如对车辆疏于维修保养以及篡改排放控制系统。现代柴油车上安装的后处理技术能够将重型卡车的排放降低90%以上。如果车主对后处理装置进行了篡改或导致其失效, 会造成卡车的 $\text{NO}_x$  和PM排放增加十倍以上。因此, 虽然维修保养不当或被篡改的卡车在数量上占比很小, 但却会导致整体排放大幅增加。有效的在用车合规监管方案旨在筛查出高排放卡车并要求这些车辆进行维修, 从而大幅降低排放。通过定期检验、随机检验、遥感设备和OBD系统来对排放进行监测能够帮助确保将车辆排放控制在最低水平。

**加速老旧柴油车向新车、低排放车的更新换代。**我们需要尽快补救柴油车污染对公众健康造成的不利影响, 特别是对于那些生活在卡车交通流量较高地区附近的居民, 这一行动迫在眉睫不宜拖延。而实现上述目标的方法之一就是管理方案鼓励或要求淘汰老旧车辆并将其置换为新车。与老旧车辆相比, 现在的新型卡车的污染排放可减少90%以上, 因此更新换代可以实现快速减排和改善空气质量。CARB采用了两方面的激励措施, 首先是通过资金补助来帮助降低卡车新车的价格, 同时要求到2023年禁止2010车型年以后的老旧卡车在加州运行。在非道路领域也出台了类似的管理要求来推动更新淘汰老旧非道路柴油机械。这两项管理方案都是强制性的, 目前合规情况也比较好。

加速更新换代的另一种方式是为老旧柴油卡车改造加装污染控制装置。CARB要求老旧柴油卡车要么安装经过认证的颗粒物捕集器 (DPF), 要么选择升级为更新的带有DPF的车型。大多数老旧发动机都可以适配经认证的DPF, 但有些时候DPF会因老旧车辆的喷油系统故障而产生故障。因此, CARB延长了管理要求的最终期限并提供了有助于推动更新换代的新选择。由此我们了解到, 尽管老旧车辆改造能够加速减排, 但在老旧发动机上安装改造设备会带来一些问题, 在条件允许的情况下, 还是加速更换新车对于卡车车主更为有利, 因为新车的车辆可靠性更佳, 同时还能改善燃油经济性。

**在各种管理方案的协同作用下, 柴油车 (机)  $\text{NO}_x$  和PM排放快速下降。**加州重型柴油卡车和移动机械的排放正在快速下降, 但要实现零排放还有很长一段路要走<sup>93</sup> (详见图23)。图中非道路机械的减排趋势较为平缓, 说明在这一领域我们还需要通过进一步努力来加速减排。

93 <https://www.arb.ca.gov/app/emsinv/fcemssumcat/fcemssumcat2016.php>

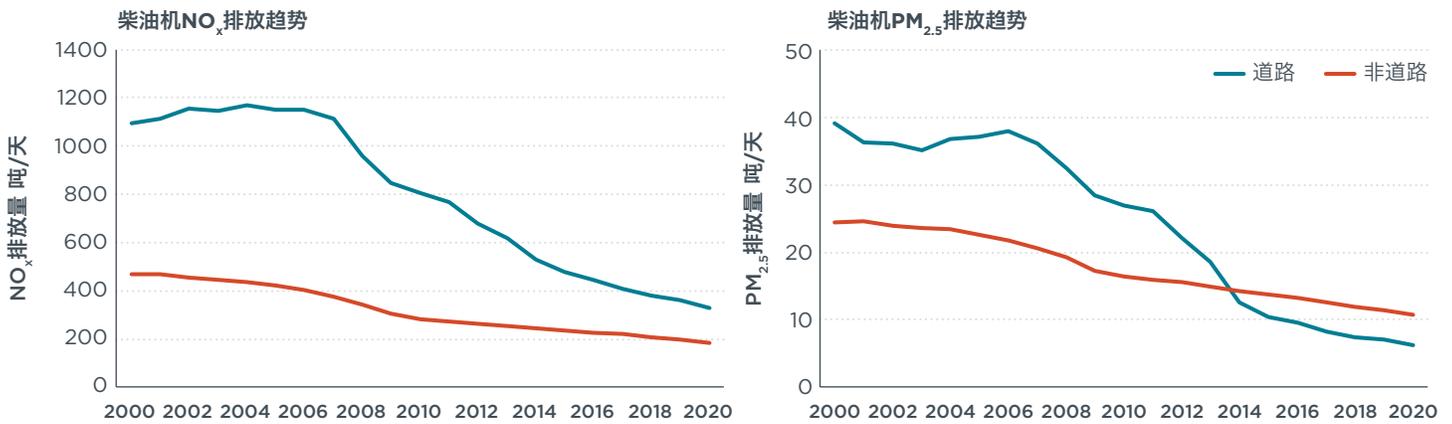


图23. 重型柴油机排放正在逐渐下降

**气候变化问题优先将改变一切: 零排放势在必行。**与世界大多数国家和地区一样, 加州也认识到要成功缓解气候变化, 就需要将温室气体排放迅速降至零。对于移动源来讲, CARB已经认识到纯电动汽车和燃料电池汽车等零排放汽车才是应对气候问题的最佳方案。同时, 零排放汽车也是消除城市污染的终极解决方案。不过, 完成向零排放过渡还需要几十年的时间, 因此需要继续努力以减少内燃机产生的NO<sub>x</sub>、PM和CO<sub>2</sub>排放。

向零排放交通过渡转型需要认真缜密的规划。CARB于2016出台了《移动源战略》来为开展各项工作提供指导, CARB目前正在对这项战略进行更新并将于2021年底提交CARB委员会审议通过<sup>94</sup>。在目前的修订案中, 明确了同步实现城市空气质量目标和气候变化目标需要开展哪些必要行动, 在该行动计划中很大程度地借鉴了此前减少城市移动源污染方面的经验和教训, 总结概况起来共包括以下几点:

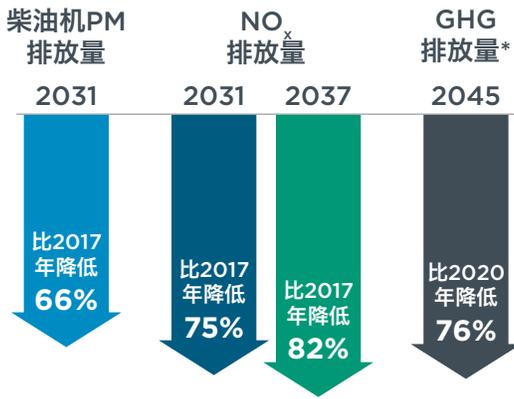
- » 制定技术推进式的新车标准
- » 确保在用车合规的监管方案
- » 加速老旧车辆和移动机械向更新、更清洁的车型更新换代
- » 现在开始向零排放汽车和技术转型

图23来源于《移动源战略》更新修订案, 如图中所示, 各项污染物同步减排是能够实现的。但在战略中也提出, 要想完成加州到2045年实现净零碳排放的目标, 还需要进一步采取其他行动, 包括减少车流量、鼓励步行和骑行以及向更高效的货运模式转型等。

<sup>94</sup> [https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2021-04/Revised\\_Draft\\_2020\\_Mobile\\_Source\\_Strategy.pdf](https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2021-04/Revised_Draft_2020_Mobile_Source_Strategy.pdf). 在修订案中评估了2016年行动计划的实施进展。

# 2020移动源控制战略

2021年4月修订草案



到2045年乘用车  
中的零排放&插电式混合  
动力汽车占比达到

**85%**



到2045年重型车队中  
的零排放汽车占比达到

**77%**

\*从油井到车轮的全生命周期排放量不含航空领域



图 23. 移动源迈向零排放的下一阶段行动措施