

JUNE 2021

icct  
国际清洁交通委员会

# 中国清洁柴油机行动方案 ——回顾与展望

杨柳含子、何卉、邵臻颖、崔洪阳、冒晓立



## 致谢

作者感谢Michael Walsh、丁焰（中国环境科学研究院）、吴烨（清华大学）和张少君（清华大学）提供的指导 and 建设性意见。他们的审阅并不意味着对本报告内容的任何背书，本文作者对本文内容负全部责任。这项工作是在Pisces基金会的慷慨支持下进行的。

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. 概况..... 1

2. 中国清洁柴油机行动的历史发展进程..... 2

3. 中国清洁柴油机行动方案的内容..... 7

    3.1 立法和行动计划..... 7

        《大气法》..... 8

        管理授权..... 9

        环境保护五年规划..... 9

        大气污染防治行动计划..... 10

        打赢蓝天保卫战三年行动计划..... 10

        柴油货车污染治理攻坚战行动计划..... 11

        推进运输结构调整三年行动计划..... 11

    3.2 新生产车辆和发动机标准..... 12

        重型柴油发动机和重型汽车排放标准..... 12

        加强OBD管理要求..... 12

        远程OBD系统..... 13

        非道路移动机械柴油机排放标准..... 13

        船舶发动机排放标准..... 14

    3.3 车辆排放合规与监管..... 14

        补充性PEMS标准..... 14

        生产一致性..... 15

        在用车符合性测试..... 15

        排放质保期..... 16

        召回与执法监管..... 16

    3.4 在用车和发动机管理方案..... 17

        在用柴油车队管理..... 17

        在用车排放检测..... 18

        在用柴油发动机管理方案..... 21

    3.5 柴油燃料管理方案..... 23

        柴油燃料标准..... 23

        非道路柴油标准..... 24

        替代柴油燃料管理方案..... 24

        船用柴油..... 24

        燃油质量合规管理..... 25

    3.6 温室气体法规及管理方案..... 25

        新车燃料消耗量标准..... 25

        在用车温室气体管理方案..... 26

    3.7 先进技术推广方案..... 27

        天然气汽车推广政策..... 27

        新能源汽车..... 28

        零排放非道路移动机械..... 29

    3.8 激励性政策..... 29

        “黄标车”及老旧车辆报废淘汰..... 29

        新能源汽车补贴..... 29

4. 总结..... 32

参考文献..... 33

## 缩写

|                 |                |
|-----------------|----------------|
| AQSIQ           | 国家质量监督检验检疫总局   |
| BEV             | 纯电动汽车          |
| BEE             | 地方生态环境局        |
| CO <sub>2</sub> | 二氧化碳           |
| CO              | 一氧化碳           |
| CGFI            | 中国绿色货运行动       |
| CAA             | 亚洲清洁空气中心       |
| CNG             | 压缩天然气          |
| COP             | 生产一致性          |
| DPF             | 颗粒物捕集器         |
| DECA            | 中国船舶排放控制区      |
| ECZ             | 排放控制区          |
| EPB             | 地方环境保护局        |
| FCV             | 氢燃料电池汽车        |
| GHGs            | 温室气体           |
| HC              | 碳氢化合物          |
| I/M             | 检测与维护          |
| IMO             | 国际海事组织         |
| km              | 公里             |
| LNG             | 液化天然气          |
| MEE             | 生态环境部          |
| MEP             | 环境保护部          |
| MIIT            | 工业和信息化部        |
| MOST            | 科学技术部          |
| MOT             | 交通运输部          |
| NDRC            | 国家发展和改革委员会     |
| NEA             | 国家能源局          |
| NEPA            | 国家环境保护局        |
| NEV             | 新能源汽车          |
| NO              | 一氧化氮           |
| NO <sub>x</sub> | 氮氧化物           |
| OBD             | 车载诊断系统         |
| PM              | 颗粒物质量          |
| PN              | 颗粒物粒子数量        |
| ppm             | 每百万单位含量        |
| PHEV            | 插电式混合动力汽车      |
| PEMS            | 车载排放测量系统       |
| SCR             | 选择催化还原系统       |
| SAC             | 国家标准化管理委员会     |
| SAMR            | 国家市场监督管理总局     |
| SEPA            | 国家环境保护总局       |
| SO <sub>2</sub> | 二氧化硫           |
| SO <sub>x</sub> | 硫氧化物           |
| VECC            | 生态环境部机动车排污监控中心 |

## 1. 概况

尽管柴油车在中国道路车辆中的占比仅为9.1%，但这类车辆却是中国道路交通领域最大的氮氧化物（NO<sub>x</sub>）和颗粒物（PM）排放源。2019年，柴油车所产生的NO<sub>x</sub>和PM排放分别占中国道路车辆NO<sub>x</sub>和PM排放总量的88.9%和99%（生态环境部，2020年）。自上世纪80年代以来，中国已陆续出台了一系列政策和管理措施来应对柴油机排放所带来的危害，本文将重点分析回顾中国在控制柴油机排放方面已经出台的管理方案及措施。我们此次研究所涉及的主要是移动源柴油机，包括道路柴油车、非道路移动机械以及船舶，同时还关注柴油油品质量。

本报告的架构如下：在第二章中我们将对中国清洁柴油机行动方案的历史发展进程进行全面回顾；第三章将对清洁柴油机行动方案下的各项政策和措施予以详细介绍；第四章将提出此次回顾研究的结论。本文旨在通过基础性分析，帮助中国找到有可能进一步减少柴油机污染的潜在途径；同时，本文通过介绍中国清洁柴油机行动中的各项最佳实践方案，也能够为世界其他同样面临着柴油机污染挑战的地区提供帮助。在我们后期将发布的系列报告中，我们将介绍美国加州的清洁柴油机行动方案，并将加州的经验与中国的方案进行比对，进而为中国下一阶段的清洁柴油机行动方案提供政策建议。

## 2. 中国清洁柴油机行动的历史发展进程

图1全面回顾了自1983年以来中国清洁柴油机行动的历史发展进程。

### 1983-1999: 起步阶段

### 2000-2012: 快速发展阶段

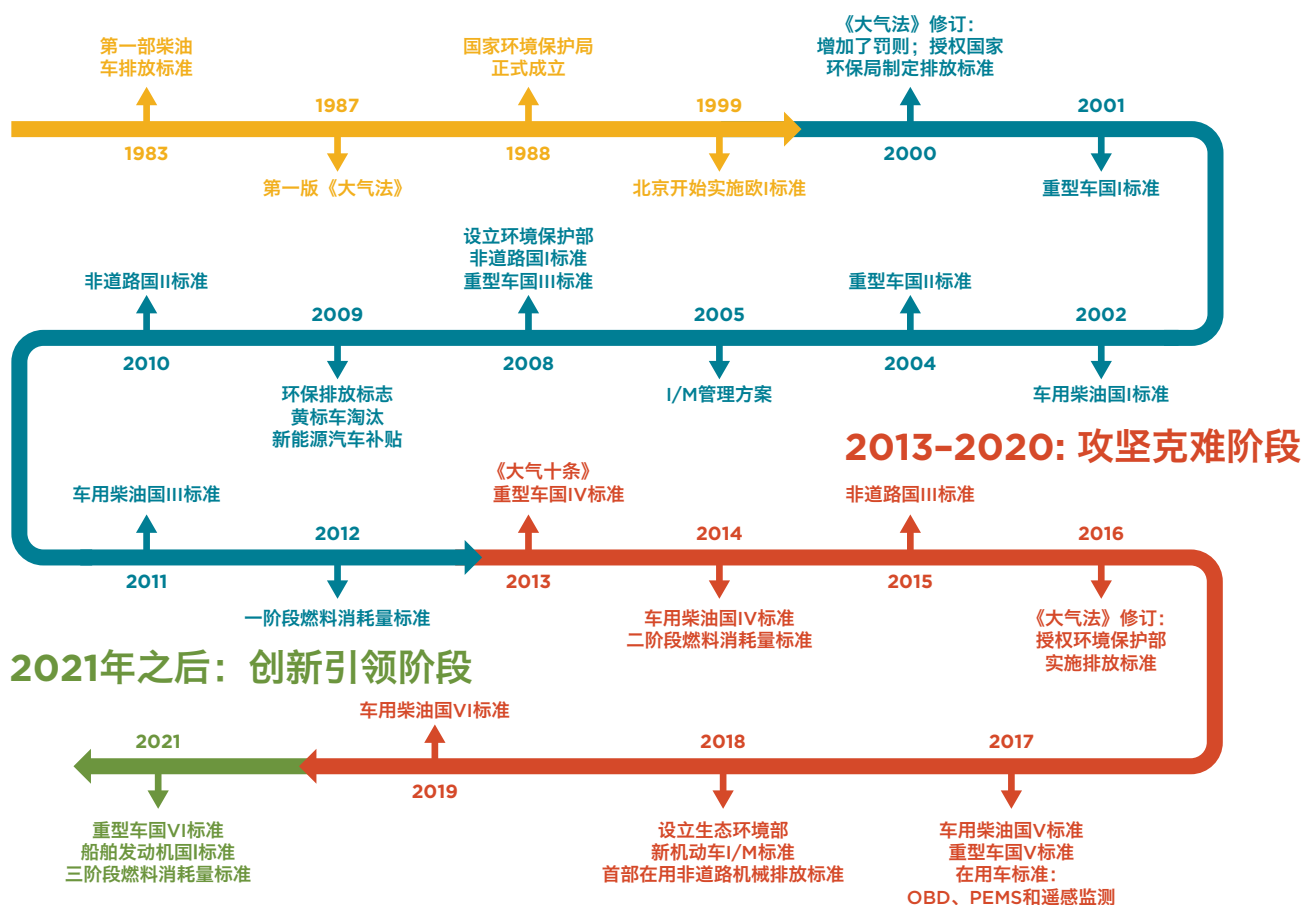


图1. 中国应对柴油机污染所开展的各项行动的历史发展进程，四种颜色代表了四个不同发展阶段

### 1983-1999年: 起步阶段

1983年，中国发布了第一批国家柴油车及柴油发动机排放控制和测量方法标准。排放标准中设定了采用自由加速法测定的烟度值，同时适用于新生产车辆和在用车。这一批标准的出台标志着中国正式拉开了柴油车及柴油发动机排放控制的序幕。1987年，第一版《大气污染防治法》（以下简称《大气法》）由全国人民代表大会常务委员会通过，其中规定机动车船向大气排放污染物不得超过规定的排放标准，为柴油车/发动机排放控制提供了上位法依据。1988年，中国正式成立了第一个环境保护主管部门：国家环境保护局（NEPA），并授权其开展机动车污染防治管理。1990年，六部委联合发布了《汽车排气污染监督管理办法》，其中明确界定了各管理部门在监管柴油车排放问题上的权力和职责。1993年，中国在效仿欧盟ECE R15管理法规的基础上进一步出台了三项柴油车排放标准，对排放限值予以了进一步加严。

1997年，由世界银行出资，国家环境保护局开展了中国机动车排放污染控制战略研究项目（B-9-3），这是首次以研究报告的形式对中国机动车排放污染状况及控制政策进行评估。此次研究为中国的机动车排放控制政策奠定了路线方向，即要求中国效仿欧盟的排放标准体系，在未来10-15年中，从欧I标准开始逐步推进。



1998年，北京遭受了严重的空气污染，北京市政府采取了紧急措施并先于全国实施日期提前实施了轻型车欧1排放标准。同年，国家环境保护局（NEPA）更名为国家环境保护总局（SEPA），在级别上提升至副部级管理部门。1999年，环保总局、科技部和国家机械工业局联合发布了《机动车排放污染防治技术政策》，并确定了重型车国I至国III排放标准的实施时间表（国家环境保护总局，1999年）。

## 2000-2012年：快速发展阶段

在这一时期，中国主要是通过制定和加严车辆测试规程以及出台强制性排放限值来控制新车排放。在2000年的《大气法》修订中，针对不符合排放法规的机动车，出台了相应罚则，但没有明确规定由哪个管理部门来制定和实施排放标准。2001年，效仿欧盟的管理路径，中国实施了重型车国I排放标准，配套使用硫含量限值为2000ppm的国I车用柴油。2004年开始实施的国II标准加严了一氧化碳（CO）、氮氧化物（NO<sub>x</sub>）和颗粒物（PM）的排放限值。2008年，中国开始实施重型车国III排放标准，不过当时中国的车用燃料质量标准和优质柴油供应能力均滞后于车辆排放标准（Yue等，2015年）。由于柴油燃料品质不过关，国IV排放标准的实施日期两次被推迟，最终于2013年7月才得以实施，比原定的2011年7月晚了整整两年。即使是在国IV标准实施后，市场上供应的柴油燃料依然只能达到国III水平，硫含量上限为350ppm。

随着排放标准的逐步加严，中国开始更多地关注在用柴油车。2011年发布的《国家环境保护“十二五”规划》设定了氮氧化物总量减排目标，并提出了对机动车氮氧化物排放控制的具体要求（国务院，2011年）。2005年，在用柴油车排放标准进行了修订，要求污染严重的城市采用加载减速法测量排气烟度。对于在年检中未能满足排放标准限值的在用车，不得上路行驶。2008年7月，环境保护部出台了机动车环保检验合格标志管理要求，又称为“黄绿标”政策，其中国III标准以下的柴油车被定义为“黄标车”。2009年，中国推行了全国范围的消费鼓励方案，旨在加速淘汰“黄标车”，置换新车并报废“黄标车”的车主可以获得现金补贴。而在部分面临严峻空气污染问题的大城市，“黄标车”则是被禁止驶入主要城区的。

与此同时，中国开始推广新能源汽车<sup>1</sup>，这主要是为了支持加强能源独立这一更远大的战略目标。2009年，中国启动了十城千辆示范工程并出台了支持电动汽车发展的国家层面补贴方案。2012年，重型车燃料消耗量第一阶段标准开始实施，该标准以及后续阶段的标准旨在降低新生产重型车的能耗和随之产生的二氧化碳（CO<sub>2</sub>）排放。对于在用货车，中国于2012年启动了中国绿色货运行动，这是一项自愿性的行业协作活动，旨在推动货运卡车节油技术的应用，通过驾驶员培训提升行驶效率，并推动甩挂运输等先进运输模式。

在这一时期，中国也开始关注非道路柴油机的排放问题。2008年实施了第一部非道路移动机械排放标准（国I），并在2010年进一步加严了对非道路移动机械的排放标准要求。

## 2013-2020年：重点突破阶段

2013年冬季，一场雾霾席卷中国大地，引发了人们对空气污染问题的广泛关注。对此，国务院发布了《大气污染防治行动计划》。这项政策，也被称为“大气十条”，是第一个重点关注大气污染防治的国家级行动计划。“大气十条”中制定了2013-

<sup>1</sup> 在中国，新能源汽车包括纯电动汽车（BEV）、插电式混合动力汽车（PHEV）和燃料电池汽车（FCV）。

2017年大气污染控制路线图, 重点关注京津冀、长三角和珠三角三个重点区域。这是因为这些地区经济活跃, 且空气污染尤为严重。

此外, 中国还通过了新修订的《大气法》(以下称新《大气法》), 并于2016年1月1日生效。新《大气法》最大的变化是明确赋予了环境保护部(原环保总局)实施排放标准的权力, 包括对违规车辆予以召回和对违规企业处以巨额罚款的权力。这些修订内容为建立强有力的车辆达标监管方案铺平了道路, 而一套强有力的监管方案恰恰是确保污染物排放标准得以切实执行并转化为实际道路减排的关键。

由于国V车用柴油标准直到2017年才全面实施, 原定于2012/2013年实施的重型车国V排放标准也被推迟到2017年7月才得以实施。为防止国V重型车NO<sub>x</sub>排放超标, 2017年10月, 环境保护部发布了便携式排放测量系统(PEMS)补充测试标准, 要求对所有新生产和在用国V重型车进行额外的道路PEMS测试。二阶段重型车燃料消耗量标准于2014年开始实施, 其中设定的燃料消耗量限值要比一阶段标准低10%-15%。

在用车方面, 截至2018年, 97%以上的“黄标车”已被报废淘汰, 国III和国IV车辆开始成为柴油车排放的主要来源车队(详见图2)。同时, 中国开始采用新兴的遥感技术对高排放车辆进行控制。2017年, 中国首创了国家级的遥感法规, 该法规通过不透光烟度、林格曼黑毒限值来设定PM排放限值, 另外还设定了NO<sub>x</sub>筛查限值。

此外, 针对非道路机械和船舶领域的排放, 中国也采取了相应行动。非道路移动机械三阶段排放标准(等效于欧盟IIIA阶段标准)自2015年开始实施。船舶方面, 交通运输部于2015年发布了在三个沿海重点地区实施船舶排放控制区(ECZ)的行动计划; 要求在船舶排放控制区内使用硫含量最高不超过5000 ppm的船用燃料。自2017年起, 中国一些大城市已经开始就设立非道路移动机械低排放区进行试点。

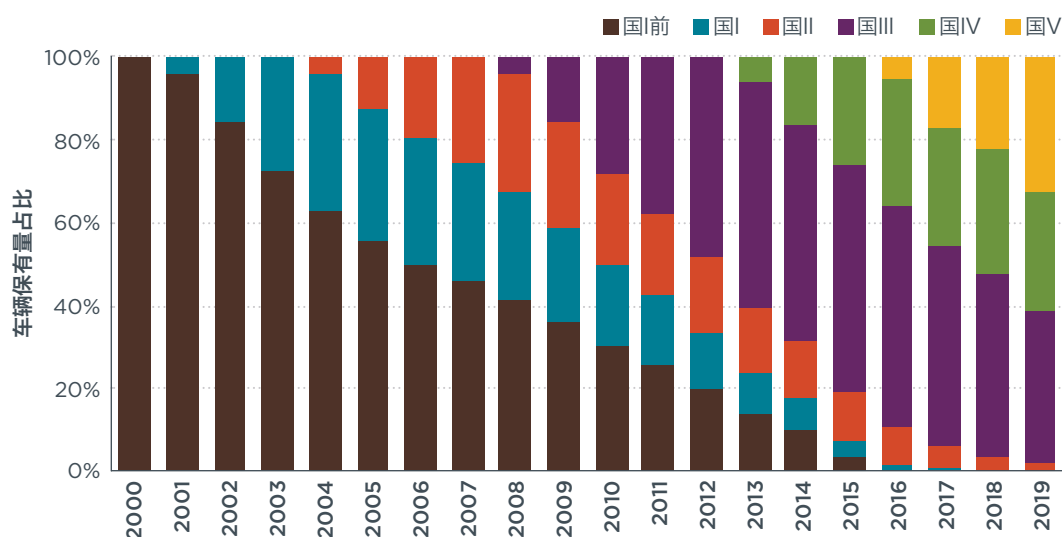


图2. 中国重型柴油车按排放标准划分的历年市场占比 (2000-2019年), 来源: 生态环境部, 2020a



经过五年的努力,中国实现了“大气十条”中所设定的全部目标。截至2017年底,  $PM_{10}$  平均浓度比2013年水平降低了22.7%<sup>2</sup>。京津冀、长三角和珠三角地区的  $PM_{2.5}$  浓度分别降低了39.6%、34.3%和27.7%。其中,北京的减排成效尤为明显,2017年,北京的  $PM_{2.5}$  平均浓度降至  $58\mu m/m^3$  (生态环境部, 2018a)。

2018年,国务院发布了《打赢蓝天保卫战三年行动计划》,这项政策被视为是“大气十条”的第二阶段,其目标是到2020年进一步减少空气污染物和温室气体排放,改善空气质量。“蓝天保卫战”要求实施国VI燃油标准、在重点地区提前实施国VI排放标准、到2020年报废淘汰100万辆国IV标准以下的柴油货车、推广电动汽车在城市的应用、以及推动货运模式由公路运输向铁路运输转型。

作为后续政策,生态环境部联合其他10部委于2019年1月发布了《柴油货车污染治理攻坚战行动计划》,该计划旨在减少道路柴油车、非道路移动机械和船舶的排放。该计划从清洁柴油车、清洁柴油机、清洁运输和清洁油品行动四大领域设定了具体任务目标。在运输结构调整方面,国务院则发布了《推进运输结构调整三年行动计划》,旨在有效应对污染,提高运输效率,同时降低货运物流成本(国务院, 2018c)。

2018年4月发生了一场重大的体制变革。生态环境部(MEE)正式挂牌成立,除了负责以前由环境保护部所担负的所有职责,同时还承担了气候变化、海洋环境保护、地下水污染监管和农业面源污染治理等方面的责任,而上述这些工作以前是隶属于其他六个部委的职权范围。

在《打赢蓝天保卫战三年行动计划》和《柴油货车污染治理攻坚战行动计划》的指导下,各项具体措施相继开展。国VI车用柴油标准已于2019年1月1日全面实施,将硫含量限值降至10ppm,同时还取消了曾适用于非道路柴油燃料的普通柴油标准,只有符合国VI标准的柴油才被允许在中国销售。国VI重型车排放标准结合了欧VI标准和美国管理法规中的最佳实践方案,计划于2021年7月1日对所有新生产重型车实施。国IV非道路排放标准目前已经发布,将于2022年12月1日开始实施。船舶发动机方面,第一阶段排放标准已于2018年开始实施,二阶段标准计划于2021年实施。

在用车方面,新修订的I/M测试要求和不透光烟度限值已于2019年开始执行。此外,还针对非道路移动机械制定并实施了新的I/M管理法规。在地方层面,北京、天津、深圳和南京均已启动了柴油车颗粒物捕集器(DPF)改造试点项目,为对车辆进行改造的货车车主提供补贴。

表1总结了清洁柴油机行动在不同发展阶段的重点、目标、立法、行动计划、管理授权情况以及管理法规。

2  $PM_{2.5}$  指粒径小于2.5微米的大气颗粒物,  $PM_{10}$  是指粒径小于10微米的颗粒物。 $PM_{2.5}$  和  $PM_{10}$  均可被人体吸入,其中部分颗粒物可在整个呼吸系统内沉积,其在肺部沉积的位置则取决于颗粒物粒子的大小。 $PM_{2.5}$  更容易进入并沉积在肺部较深层部位的表面,而  $PM_{10}$  更容易沉积在肺部上端部较大气管的表面。沉积于肺部表面的颗粒会导致组织受损和肺部炎症(加州空气资源局,日期未标注)。

表1. 中国清洁柴油机行动方案分阶段概况

| 阶段                     | 重点或目标                                                                                                                         | 立法和行动计划                                                                                            | 管理授权                                                                                         | 管理法规                                                                                                                                                       |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1983-1999年<br>(起步阶段)   | <ul style="list-style-type: none"><li>第一套车辆排放标准</li></ul>                                                                     | <ul style="list-style-type: none"><li>首部《大气法》</li></ul>                                            | <ul style="list-style-type: none"><li>不明确</li></ul>                                          | <ul style="list-style-type: none"><li>第一套柴油车排放标准</li><li>北京实施欧I标准</li></ul>                                                                                |
| 2000-2012年<br>(快速发展阶段) | <ul style="list-style-type: none"><li>新车排放限值</li><li>重大契机: 1998年北京遭受严重空气污染</li></ul>                                          | <ul style="list-style-type: none"><li>第二版《大气法》修订案</li><li>执行措施</li><li>未能获得油品质量监管授权</li></ul>      | <ul style="list-style-type: none"><li>正式成立环境保护部</li></ul>                                    | <ul style="list-style-type: none"><li>重型车国I至国III排放标准</li><li>非道路国I和国II排放标准</li><li>由于柴油品质不达标, 国IV排放标准实施被两次推迟</li></ul>                                     |
| 2013-2020年<br>(重点突破阶段) | <ul style="list-style-type: none"><li>“十二五”规划重点关注污染物总量控制</li><li>“十三五”规划重点关注柴油机排放控制</li><li>重大契机: 中国2013年冬季遭受严重空气污染</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>第三版《大气法》修订案</li><li>“大气十条”</li><li>《打赢蓝天保卫战三年行动计划》</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>正式成立生态环境部, 明确授权生态环境部负责实施排放标准并赋予其温室气体管控方面的新职责</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>重型车国IV和国V排放标准</li><li>非道路国III排放标准</li><li>重型车国VI排放标准</li><li>国VI车用柴油标准</li><li>船舶发动机国I排放标准</li><li>在用车排放标准</li></ul> |

### 3. 中国清洁柴油机行动方案的内容

中国的柴油机污染防治战略主要由八大要素构成：立法与法规、新生产车辆和发动机标准、车辆排放合规监管、在用车和发动机管理方案、柴油燃料管理方案、先进技术推广方案、温室气体管理法规以及鼓励性方案（详见图3）。本章将介绍上述各项构成要素并详细介绍具体进展状况。



图3. 中国清洁柴油机战略方案的构成要素

#### 3.1 立法和行动计划

《大气法》是开展柴油车污染控制管理的基础法律依据，从立法焦点角度来看，法规和各项行动计划所强调的重点最初是排放标准合规，随后转向排放总量控制，继而转向了改善空气质量。《大气法》涵盖了整个排放链，包括源头控制、在用合规监管、尾气后处理以及报废管理，对违规行为的处罚也越来越严厉。但是，中国的立法只规定了原则性条款，缺乏具体操作性规定。例如，负责新车排放管理和燃油质量管理的主管部门多年来一直不明确，因此，一些规定没有能够得以充分执行。2015年修订并于2016年1月1日生效的新《大气法》首次明确赋予了环境管理部门（原环境保护部，现生态环境部）执行排放标准的权力。

中央政府一直在制定和实施国民经济和社会发展五年规划，自20世纪90年代以来，环境保护规划一直是五年规划中的组成部分。国家环境保护五年规划纲要由国务院发布，是指导五年中环境保护工作的最高级别政策纲领。总地来说，五年规划中会确定出环境保护工作的总体目标，并指导开展相关措施，以确保实现既定目标。同时，政府还会提供相应的预算来为完成规划中的任务提供支持。

在五年规划的指导之下，生态环境部会发布具体的政策和行动计划，构建管理机制，制定排放标准和技术法规，并监督和实施这些政策，从而实现五年规划中所设定的目标。图4展示了自2000年以来中国在车辆排放控制方面的相关立法和行动计划。

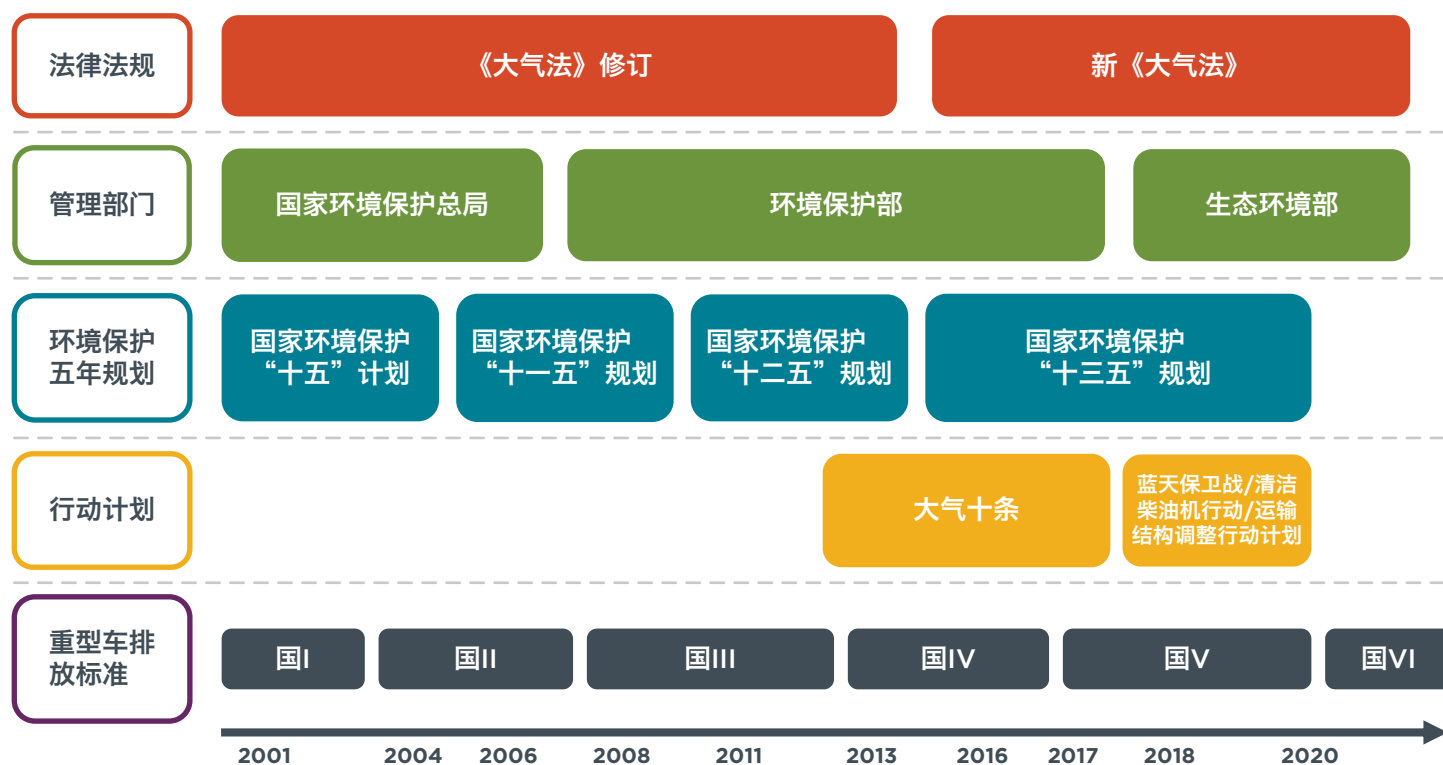


图4. 中国在车辆排放控制方面的相关立法和行动计划

## 《大气法》

在对《大气法》进行的几次修订中，管理机构被赋予了更强大、更清晰、更明确的权力，以确保与机动车相关的各项法规能够得以切实实施。在2016年以前，即使发现了不合规违法行为，当时的环境保护部也没有明确的授权来执行监管和处罚。2016年1月1日生效的新《大气污染防治法》明确赋予了环境保护部（现生态环境部）实施排放标准的权力，包括召回违规车辆和对违规企业处以巨额罚款的权力。生产、进口或销售超过污染物排放标准的机动车和非道路移动机械的企业将被处以货值金额一倍以上三倍以下的罚款（全国人民代表大会，2018年）。这些变化为建立强有力的车辆排放合规管理方案铺平了道路。

新《大气法》还将管理重点从车辆生产端转移到了在用车排放控制，并正式授权环境保护部开展生产一致性测试，这一规定最初仅出现在车辆排放标准中。这一点十分关键，因为在中国，排放标准被视为技术标准，而不是具有强制执行权的法规。此外，新《大气法》还解决了原法规中关于排放标准执行部门授权不明的问题。例如，原法规中规定禁止生产和销售不符合排放标准的车辆和发动机，但没有具体说明由哪个部门来执行这项规定，而根据新《大气法》，生态环境部和地方生态环境管理部门有权牵头开展一致性测试，并为市场监管部门和其他机构提供支持。另外一些比较重要的调整包括加严管理规定，确保在用车检测（I/M检测）及检测设备的可靠性；增加生产企业和车主的合规责任等。这些规定主要是为了应对在用车排放测试中的作弊行为而制定的。

新《大气法》实施后，环境保护部建立了新的环境信息公开制度，管理部门不再进行新车型式核准。管理部门为型式试验制定了试验规程和排放限值，但将自身有限的资源集中用于开展验证性测试，包括生产一致性、新车检验和在用符合性检验。管理部

门要求车辆生产企业对其所生产的新车型进行自检和自我认证。生产企业必须向生态环境部报告试验结果和排放相关信息，并向公众公开这些信息。

2018年，环境保护部对山东凯马汽车制造有限公司和山东唐骏欧铃汽车制造有限公司未遵守柴油车排放标准的行为进行了处罚，这是环境保护部向汽车生产企业开出的第一张行政处罚，罚金共计超过3800万元人民币（生态环境部，2018b；2018c）。2018年，山东省环境保护厅依法对生产、销售不达标非道路移动机械的德州德工机械有限公司以及未按规定进行环保信息公开的机动车进口销售企业青岛奥维俊杉贸易有限公司实施了处罚，这是首次对非道路移动机械生产企业和汽车进口企业进行处罚（山东省环境保护厅，2018a；2018b）。2019年，北京市生态环境局对江淮汽车集团股份有限公司在北京销售不合规柴油卡车的违规行为进行了处罚，罚款总额高达1.7亿元人民币，是中国有史以来对汽车生产企业处以的最大一笔罚款（北京市生态环境局，2019年）。

## 管理授权

《大气法》规定，县级以上人民政府应当将大气污染防治工作纳入国民经济和社会发展规划，增加对大气污染防治的财政投入。地方各级人民政府应当对本行政区域的大气环境质量负责，制定规划，采取措施，控制或者逐步削减大气污染物的排放量。这就要求地方各级政府承担起柴油车污染控制的责任，政府各部门之间要相互配合，按照政府的规划开展相关工作。

其中，生态环境部负责实施环境管理政策和执行环境方面的法律法规；目前的生态环境部于2018年正式挂牌成立（国务院，2018a）。在柴油质量管理方面，国家能源局负责制定燃油质量标准，国家市场监督管理总局负责标准实施与合规监管。在新《大气法》中授权市场监督管理总局实施燃油质量标准的权力，生产不合规燃油的炼厂以及销售不合规燃油的加油站将被处以货值金额一倍以上三倍以下的罚款。

国家和省级生态环境主管部门可以通过现场检查、抽样检测等方式，加强对新生产、销售机动车和非道路移动机械大气污染物排放状况的监督检查。

环境保护召回制度由市场监督管理总局会同生态环境部实施。交通运输部负责监管车辆维修企业，对船舶和港口排放进行管理，推动运输模式由公路运输向铁路运输转型以及促进绿色货运发展。目前，机动车CO<sub>2</sub>排放则是通过工业和信息化部负责制定和实施的燃料消耗量管理法规来间接进行管理。

## 环境保护五年规划

中国在环境保护“五年规划”中纳入了越来越多与车辆排放控制相关的条款，反映了从以污染物总量控制为目标到以改善空气质量为目标的转变，这些新的目标能够更好地应对排放对公共健康所带来的影响。

“十五”规划和“十一五”规划的重点是工业污染防治。“十二五”规划要求2015年的氮氧化物排放总量比2010年减少10%。2016年发布的“十三五”规划则侧重于控制重型柴油车排放和高排放车辆（国务院，2016年）。“十三五”规划要求制定和实施国6/VI排放标准、非道路国IV标准、新的在用车排放标准、升级燃油质量标准、加强燃油质量合规管理、推广新能源城市公交车，以及在重点地区设立海洋排放控制区（DECA）。

作为后续政策，生态环境部于2017年发布了《国家环境保护标准“十三五”发展规划》（生态环境部，2017a）。该规划列出了计划于2016至2020年发布或修订的环境标准



(见表2)，由生态环境部负责对这些标准进行制修订。截至2021年3月，一些重要标准已经发布，包括重型车国VI标准、便携式排放测量系统 (PEMS) 标准、遥感标准以及检测与维护 (I/M) 标准，其他标准仍在制定过程中。

**表2. 截至2020年已完成制修订的环境标准**

| 类型              | 标准                      | 截至2021年3月的状态 |
|-----------------|-------------------------|--------------|
| 新生产车辆/发动机以及相关标准 | 重型车国VI排放标准              | 已发布          |
|                 | 重型汽车及发动机PEMS标准          | 已发布          |
|                 | 轻型车实际行驶排放测试技术标准         | 编制过程中        |
|                 | 重型车远程OBD技术标准            | 编制过程中        |
|                 | 车辆/非道路环保信息公开技术标准        | 编制过程中        |
| 在用车标准           | 汽车检测与维护 (I/M) 管理法规      | 已发布          |
|                 | 遥感标准                    | 已发布          |
|                 | 环保后处理系统改造技术标准           | 编制过程中        |
|                 | 在用车OBD管理法规              | 编制过程中        |
| 在用非道路移动机械标准     | 非道路移动机械检测与维护 (I/M) 管理法规 | 已发布          |
| 排放清单标准          | 大气污染物源排放清单编制技术指南        | 已发布          |

## 大气污染防治行动计划

2013年1月，中国东部地区爆发了重度雾霾。随后，国务院于2013年9月发布了《大气污染防治行动计划》（国务院，2013年）。这项政策也被称为“大气十条”，是史上第一个也是最有力度的国家级大气污染防治行动计划。该计划制定了2013-2017年空气污染控制路线图，重点放在京津冀、长三角和珠三角三个关键地区。该计划的目标是到2017年实现空气质量改善并减少严重污染天数。计划提出到2017年，全国PM<sub>10</sub>平均浓度降低10%，其中京津冀、长三角和珠三角的PM<sub>2.5</sub>平均浓度分别降低25%、20%和15%。到2017年，北京的PM<sub>2.5</sub>平均浓度将降至60μm/m<sup>3</sup>以下。该计划同时还设定了加强移动源污染控制、改善燃油质量和推广新能源汽车的目标。

## 打赢蓝天保卫战三年行动计划

2018年，国务院发布了《打赢蓝天保卫战三年行动计划》（国务院，2018b）。这项政策被视为是“大气十条”的第二阶段。该计划旨在到2020年减少空气污染物和温室气体排放，明显改善环境空气质量。计划中设定了具体的目标和时间表：到2020年，二氧化硫 (SO<sub>2</sub>) 和氮氧化物 (NO<sub>x</sub>) 的排放总量应分别比2015年的水平下降15%以上。对于环境空气质量未达标的城市，其环境PM<sub>2.5</sub>浓度应下降18%以上。到2020年，空气质量优良天数比率应达到80%，重度及以上污染天数比例比2015年下降25%以上，具体目标和措施详见表3。



表3. 打赢蓝天保卫战三年行动计划中的主要目标和措施

|             |                                                                           |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 运输结构调整      | 全国铁路货运量比2017年增长30%，京津冀及周边地区增长40%、长三角地区增长10%、汾渭平原增长25%。                    |
|             | 全国重点港口集装箱铁水联运量年均增长10%以上。                                                  |
|             | 沿海主要港口和唐山港、黄骅港的矿石、焦炭等大宗货物原则上主要改由铁路或水路运输。                                  |
| 电动汽车推广      | 2020年新能源汽车产销量达到200万辆左右。                                                   |
|             | 加快推进城市建成区新增和更新的公交、环卫、邮政、出租、通勤、轻型物流配送车辆使用新能源或清洁能源汽车，2020年底以前重点区域使用比例达到80%。 |
| 新车标准        | 2019年7月1日起，重点区域、珠三角地区、成渝地区提前实施国六排放标准。                                     |
|             | 2019年1月1日起，全国全面供应符合国六标准的车用汽柴油，重点区域、珠三角地区、成渝地区等提前实施。                       |
| 在用车和非道路管理方案 | 大力推进国三及以下排放标准营运柴油货车提前淘汰更新，加快淘汰采用稀薄燃烧技术和“油改气”的老旧燃气车辆。                      |
|             | 2020年底前，京津冀及周边地区、汾渭平原淘汰国三及以下排放标准营运中型和重型柴油货车100万辆以上。                       |
|             | 在重点地区推进老旧柴油车深度治理，具备条件的安装污染控制装置、配备实时排放监控终端。                                |
|             | 在重点地区划定非道路移动机械低排放控制区。                                                     |
|             | 在重点地区调整扩大船舶排放控制区范围。                                                       |
|             | 2019年底前建立国家遥感监测平台。                                                        |

柴油货车污染治理攻坚战行动计划

2019年1月，生态环境部、国家发展和改革委员会联合其他九部委发布了《柴油货车污染治理攻坚战行动计划》（生态环境部，2019a）。这项政策主要为《打赢蓝天保卫战三年行动计划》提供支持，尽管名称直指柴油货车，但柴油货车并不是这项政策的唯一管理目标，该政策还旨在减少来自非道路移动机械和船舶的排放。具体任务分为四方面行动：清洁柴油车行动、清洁柴油机行动、清洁运输行动和清洁油品行动。按照计划中提出的目标，全国在用柴油车监督抽测排放合格率达到90%，重点区域达到95%以上。柴油和尿素质量方面，目标是到2020年全国柴油和车用尿素抽检合格率达到95%，重点区域达到98%以上。行动计划中的主要措施则包括在重点区域提前实施国VI/6排放标准，加强在用车监管，逐步淘汰100万辆国IV阶段以下的货运卡车，增加铁路和水路货运量，促进绿色货运，推广新能源汽车，改善柴油燃料品质以及加强柴油品质监管。

推进运输结构调整三年行动计划

公路货运是中国主要的能源消耗和排放源。在《打赢蓝天保卫战三年行动计划》中提出了到2020年全国铁路货运量比2017年增长30%的目标，并要求到2020年，沿海主要港口和唐山港、黄骅港的矿石、焦炭等大宗货物原则上主要改由铁路或水路运输。2018年9月，作为上述目标的支持性政策，国务院发布了《推进运输结构调整三年行动计划》（国务院，2018c）。该行动计划为实现上述目标设定了具体任务、量化指标和截止日期。例如，行动计划提出到2020年，全国大宗货物年货运量150万吨以上的大型工矿企业和新建物流园区，铁路专用线接入比例达到80%以上；长江干线主要港口全面接入集疏港铁路。行动计划还要求深入实施多式联运示范工程，加快发展铁水联运和绿色货运配送示范工程。依照行动计划要求，到2020年，应在全国建成100个左右的城市绿色货运配送示范项目，鼓励甩挂运输、共同配送、集中配送以及夜间配送等集约高效的运输组织模式。目前，交通部门和地方政府也在为这些示范项目提供财政支持和政策支持，如道路通行特权等。

在地方层面上，生态环境部于2017年发布了《京津冀及周边地区2017年大气污染防治工作方案》（生态环境部，2017b）。该方案要求在2017年7月底前，天津港不再接收柴油货车运输的集港煤炭；9月底前，天津、河北及环渤海所有集疏港煤炭主要由铁路运输，禁止环渤海港口接收柴油货车运输的集疏港煤炭。2018年9月，生态环境部继续发布了《京津冀及周边地区2018-2019年秋冬季大气污染综合治理攻坚行动方案》，方案要求2018年12月底前，环渤海地区、山东省沿海主要港口和唐山港、黄骅港的煤炭集港改由铁路或水路运输。而按照《柴油货车污染治理攻坚战行动计划》的要求，所有沿海主要港口都应在2018年底前将煤炭集港改由铁路或水路运输。此外，到2020年采暖季前，沿海主要港口和唐山港、黄骅港的矿石、焦炭等大宗货物原则上也应主要改由铁路或水路运输。

### 3.2 新生产车辆和发动机标准

#### 重型柴油发动机和重型汽车排放标准

一直以来，中国实施的排放标准都是欧盟等效标准，但中国重型车标准的实施日期大体上要比欧盟等效标准滞后8-10年（详见图5）。2018年6月，生态环境部发布了最终的重型车国VI排放标准，与此前阶段的标准有所不同，国VI标准结合了欧盟和美国法规中的最佳实践方案，同时还结合中国国情需求制定了自己的标准。

国VI a阶段在很大程度上等效于欧VI标准，国VI b阶段则引入了更为严格的测试要求和远程排放监测体系。在国VI标准中，NO<sub>x</sub>和PM排放限值比现行的国V标准加严了70%左右；引入了颗粒物粒子数量（PN）限值；并要求进行整车PEMS测试以及在一致性测试（PEMS排放限值详见表4）。此外，国VI b阶段要求新车配备远程排放监测车载终端，这是世界上首次提出车载监测管理法规。简而言之，国VI标准是迄今为止最严格的排放标准之一。对于所有新生产重型车，自2021年7月开始实施国VI a阶段标准，自2023年7月开始实施国VI b阶段标准。重点地区的十多个省市已提前实施了国VI标准，其中大部分是自2019年7月1日开始提前实施。

| 车辆/燃油标准    | 2000 | 2001 | 2002     | 2003    | 2004 | 2005    | 2006 | 2007  | 2008 | 2009    | 2010 | 2011 | 2012    | 2013   | 2014 | 2015   | 2016   | 2017   | 2018   | 2019                | 2020  | 2021 | 2022   | 2023 | 2024 | 2025 |
|------------|------|------|----------|---------|------|---------|------|-------|------|---------|------|------|---------|--------|------|--------|--------|--------|--------|---------------------|-------|------|--------|------|------|------|
| 轻型车排放标准    |      | 国 1  |          |         |      |         | 国 2  |       |      | 国 3     |      |      | 国 4     |        |      |        |        | 国 5    |        |                     | 国 6a  |      | 国 6b   |      |      |      |
| 重型车排放标准    |      | 国 I  |          |         | 国 II |         |      | 国 III |      |         |      | 国 IV |         |        | 国 V  |        |        |        | 国 VIa  |                     | 国 VIb |      |        |      |      |      |
| 非道路柴油机排放标准 | 无要求  |      |          |         |      |         |      |       | 国 I  |         | 国 II |      |         |        |      | 国 III  |        |        |        |                     | 国 IV  |      |        |      |      |      |
| 汽油         | 无铅化  |      |          | 800 ppm |      | 500 ppm |      |       |      | 150 ppm |      |      |         | 50 ppm |      |        | 10 ppm |        | 10 ppm |                     |       |      | 10 ppm |      |      |      |
| 车用柴油       | 无要求  |      | 2000 ppm |         |      |         |      |       |      |         |      |      | 350 ppm |        |      | 50 ppm |        | 10 ppm |        | 10 ppm（道路与非道路柴油同标准） |       |      |        |      |      |      |
| 非道路柴油      | 无要求  |      | 2000 ppm |         |      |         |      |       |      |         |      |      | 350 ppm |        |      | 50 ppm |        | 10 ppm |        |                     |       |      |        |      |      |      |

图5. 中国轻型车&重型车排放标准以及汽油&柴油燃料标准实施时间表

表4. 重型车国VI排放标准中的PEMS排放限值

| 阶段  | 污染物                  | CO                   | NO <sub>x</sub>         | PN                                                          |
|-----|----------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------------------------------------------|
| 国VI | 窗口比排放限值 <sup>a</sup> | ≤6 g/kWh<br>(CF=1.5) | ≤0.69 g/kWh<br>(CF=2.0) | 国VI-a阶段无限值<br>国VI-b阶段1.2x10 <sup>12</sup><br>#/kWh (CF=2.0) |
|     | 瞬态排放限值 <sup>b</sup>  | —                    | 500 ppm                 | —                                                           |

<sup>a</sup> 满足排放限值要求的基工窗口占有效基工窗口的比例达到90%以上  
<sup>b</sup> 95%的NO<sub>x</sub>瞬态排放率须满足排放限值要求

#### 加强OBD管理要求

从设计上，OBD系统旨在帮助确保车辆排放控制系统的正常运行（Posada & Bandivadekar, 2015）。当OBD检测到与排放性能相关的故障时，故障指示灯会点亮，以提醒车辆驾驶员。中国的OBD标准遵循了欧盟的OBD标准体系，原计

划自2008年7月1日起在全国范围内实施, 但为了与国IV和国V标准的实施保持一致, OBD标准的实施日期被推迟到了2013年。从重型车国IV阶段排放标准开始要求在重型车上安装OBD, 然而据报道, 直至2014年市场上仍然普遍存在未安装选择性催化还原 (SCR) 系统的假冒国III/IV重型车 (中国经济信息, 2014年)。此外, 2017年之前, 在中国网上购物店铺中还出售过一种所谓的“尿素控制器”, 可以减少或停止尿素喷射 (经济观察报, 2017年)。针对这一问题, 新出台的国VI排放标准基于欧盟的OBD管理要求和美国的OBD防篡改管理法规, 对OBD系统的管理要求进行了加严和改进。

## 远程OBD系统

国VI标准要求重型车配备车载远程排放监控系统 (远程OBD), 开创了重型车远程OBD管理的先河。表5展示了需要通过远程OBD系统报告的数据项。

表5. 要求通过车载远程排放管理终端报告的数据项

| 要求报告的数据类型 | 要求报告的数据项              |
|-----------|-----------------------|
| 时间        | 年、月、日、小时、分钟、秒         |
| GPS       | 位置、经度、纬度、速度、方向、距离     |
| ECU       | 速度                    |
|           | 大气压                   |
|           | 发动机最大基准扭矩             |
|           | 发动机扭矩百分比              |
|           | 摩擦扭矩                  |
|           | 发动机转速                 |
|           | 发动机油燃料流量              |
|           | NO <sub>x</sub> 传感器输出 |
|           | SCR入口温度和出口温度 (如适用)    |
|           | DPF压差                 |
|           | 空气流量传感器读取的进气量         |
|           | 反应剂余量                 |
|           | 油箱液位                  |
|           | 发动机冷却液温度              |
| 故障代码      | ECU 故障代码              |
|           | 其他故障数量                |
|           | 其他故障代码                |

远程OBD管理法规的意义在于能够提升在用车合规率以及提高未来检测与维护 (I/M) 管理的有效性。生态环境部目前正在制定远程OBD系统的技术规范, 有望在2021年底以前发布。北京、南京等地方政府目前正在重型公交车上开展远程OBD试点项目。

## 非道路移动机械柴油机排放标准

中国已经针对多种类型的非道路车辆和发动机制定了排放标准。这些标准包括三轮汽车和低速货车以及非道路移动机械的排放标准。中国的非道路移动机械的排放标准整体上也是基于欧盟的排放标准体系, 不过, 中国标准纳入了欧盟标准中未涵盖的小型柴油发动机, 其中最小型发动机的排放限值相当于美国Tier 1/2非道路标准。

目前,中国正在实施的是非道路移动机械国III阶段排放标准,该标准等效于欧盟IIIA阶段标准。2020年12月,生态环境部发布了《非道路柴油移动机械污染物排放控制技术要求》(生态环境部,2020b),该标准被视为是国IV非道路移动机械排放标准的补充。该标准遵循了欧盟最新的第五阶段标准法规,并进一步加严了对非道路柴油发动机排气污染物和颗粒物的排放要求。在原有的国IV非道路排放标准基础上,技术要求在以下几个方面进一步提出了更加严格要求:

- » 测试规程改为瞬态测试工况循环;
- » 配备柴油发动机(37 kW至560 kW)的非道路移动机械需要安装壁流式DPF,排放的PN应小于 $5 \times 10^{12}$ #/kWh,DPF再生期间不得检测到黑烟;
- » PEMS测试要求
- » 在欧盟V阶段排放限值的基础上,向生产企业提出更为严格的目标;
- » 对37 kW以上的机械提出定位要求
- » 控制区部分要求修改采用EU2016/1628法规的相关要求
- » 后处理系统控制要求
- » 更严格的质保期要求

国IV非道路排放标准将于2022年12月1日开始实施。该标准是世界上第一个要求强制安装DPF的非道路移动机械排放标准,届时中国将成为非道路排放标准最为严格的国家之一。

## 船舶发动机排放标准

2016年8月30日,生态环境部和国家质量监督检验检疫总局(AQSIQ)联合发布了中国有史以来第一部针对国内航行船舶发动机的国标排放标准。第一阶段标准自2018年7月1日开始实施,更为严格的第二阶段标准自2021年7月1日开始实施。该标准涉及的船舶类型包括内河和沿海水域航行的船舶,用于应急和救援目的的船舶除外。

船舶发动机标准同时涵盖了压燃式发动机和点燃式发动机,还包括双燃料发动机。该标准适用于内河船、沿海船、江海直达船、海峡渡船和各类渔船装用的额定净功率大于37kW且单缸排量不超过30升的第1类和第2类船用发动机。额定净功率不超过37kW的小型船舶发动机执行非道路移动机械排放标准。额定功率大于130 kW的船舶发动机已通过国际海事组织(IMO)制定的NO<sub>x</sub>法规予以约束。

## 3.3 车辆排放合规与监管

### 补充性PEMS标准

在中国开展的相关研究表明,实际道路行驶过程中的排放量可能会显著高于实验室测试时的认证排放水平(Wu等,2012年;Zhang等,2014年;Yang,2017年)。为了防止在实际行驶过程中产生过量的NO<sub>x</sub>排放,生态环境部于2017年9月发布了首个重型车车载测量(PEMS)国家标准(生态环境部,2017c)。本标准是对国V标准下所有已有要求的补充,新生产国V重型柴油车和气体燃料车在进行型式核验时必须符合PEMS标准。对于2017年10月1日前已进行了型式核验的国V车型,标准要求对车型进行在用合规测试并向监管机构报告结果。表6展示了国V车载测量(PEMS)标准中的排放限值。国VI标准中的PEMS排放限值更为严格,并在国VI排放标准中对相关限值进行了规定(详见表4)。



表6. 国V阶段PEMS标准排放限值

| 排放阶段 | 污染物                 | CO                   | NO <sub>x</sub>      | THC         | PM          |
|------|---------------------|----------------------|----------------------|-------------|-------------|
| 国V   | 窗口比排放 <sup>a</sup>  | ≤6 g/kWh<br>(CF=1.5) | ≤4 g/kWh<br>(CF=2.0) | 报告<br>(可选项) | 报告<br>(可选项) |
|      | 瞬态排放限值 <sup>b</sup> | —                    | 900 ppm              | —           | —           |

<sup>a</sup> 满足排放限值要求的功基窗口占有效功基窗口的比例达到90%以上

<sup>b</sup> 95%的NO<sub>x</sub>瞬态排放率须满足排放限值要求

生产一致性

自国III阶段起, 环境保护部(现生态环境部) 开始每年开展生产一致性(COP) 检查。在型式核准(现型式核验) 阶段, 生产企业须每年提交一份《环保生产一致性保证计划书》和一份自检报告。根据企业的自查计划, 机动车排污监控中心(VECC) 在年初会制定生产一致性检查计划, 经环境保护部(现生态环境部) 批准后开展。轻型和重型柴油车及发动机均在生产一致性检查范围内。根据规定, 应从生产企业的生产线、产品仓库或销售方处选择四辆样车, 并在第三方检测机构进行测试。根据机动车排污监控中心的预算情况, 每年对10至20家企业的柴油车或发动机进行采样。对于不符合标准的车辆, 生产企业应予以整改。2018年, 山东凯马和唐骏欧铃两家柴油车生产企业因生产不符合排放标准的柴油车而受到处罚。

在用车符合性测试

自国IV阶段起, 要求柴油车生产企业每年提交一份在用车符合性保证计划, 然后再提交一份在用车符合性自查报告。然而, 由于过去市场上合格柴油燃料供应不足, 生态环境部曾一度未能有效地开展在用符合性检查。由第三方开展的PEMS测试结果表明, 在此期间, 部分国IV和国V在用柴油车存在排放超过排放限值的情况。

与中国此前的排放标准相比, 国VI阶段的主要变化之一是型式核准被型式检验所取代。此外, 国VI法规还要求检测机构和生产企业对原型车和在车辆的整个使用寿命周期内进行大量监管试验(详见图6)。按照国VI标准规定, 生产企业需要在四个阶段开展试验: 型式检验、生产一致性检查、新生产车检查和在用符合性检查。对于四个阶段的所有检查, 生态环境部均有权对生产企业的试验开展验证性检验。在用车检查方面, 发动机和车辆生产企业都需要对在用车进行PEMS测试。测试结果需向管理部门报告, 并由生产企业负责公开。对于里程超过10000公里(km) 的在用车, 管理部门有权从每个车辆系族中随机选择三辆车进行在用符合性抽查。在用测试可能包括PEMS测试以及OBD和NO<sub>x</sub> 控制系统检查。



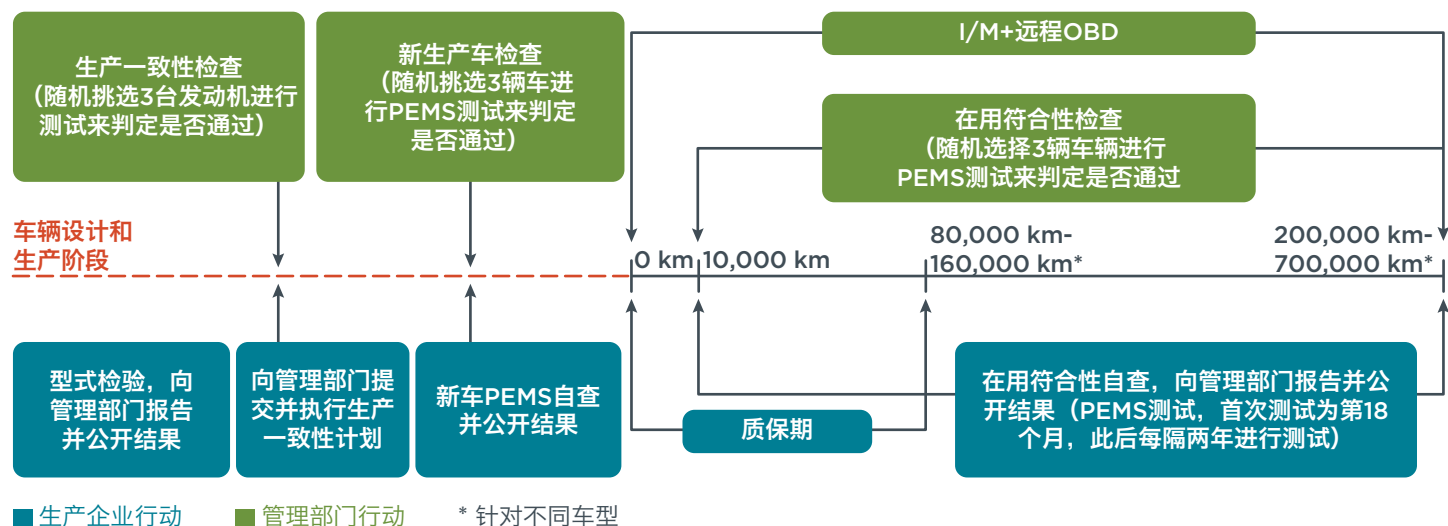


图6. 国VI合规监管方案

## 排放质保期

生产企业必须为新车上的多种排放控制零部件提供一定里程范围或时间内的质保。如果排放相关零部件在质保期内因为本身质量问题而出现故障或损坏，生产企业应负责维修零部件并承担相关费用。此外，生产企业还需要公布其制造的排放相关零部件的清单及相应的质保期。表7展示了国VI标准中规定的最短质保期。

表7. 国VI重型车排放标准中规定的最短质保期

| 车辆类别       | 最短质保期 <sup>a</sup> |          |
|------------|--------------------|----------|
|            | 行驶里程 (公里)          | 使用时间 (年) |
| M1, M2, N1 | 80,000             | 5        |
| M3, N2, N3 | 160,000            | 5        |

<sup>a</sup> 行驶里程或使用时间，以先到者为准。

## 召回与执法监管

生产或销售不合规车辆或移动机械的生产企业和进口商应当主动召回。拒不召回的，由国家市场监督管理总局会同生态环境部责令召回。2021年4月，国家市场监督管理总局与生态环境部联合发布了《机动车环境保护召回管理规定》（国家市场监督管理总局&生态环境部，2021年），根据该法规，市场监管总局会同生态环境部将建立机动车环境保护质保备案和报告制度，生产企业应向管理部门备案并报告排放控制零部件的环保质保信息。如果某个排放控制零部件的累计索赔超过一定数量<sup>3</sup>，生产企业必须提交异常索赔质保零部件故障原因分析报告。如果有相当比例或数量的质保索赔表明存在某种排放方面的问题，或有其他数据来源表明可能存在排放问题，市场监管总局与生态环境部将进行调查分析。如果确认存在环保缺陷，市场监管总局与生态环境部将要求生产企业召回并维修相关车辆和发动机。一旦启动召回，生产企业必须向社会发布召回相关信息，并在30个工作日内通知车主。生产企业应当及时通过修理、更换、退货等措施消除环保缺陷。

2020年8月，浙江飞碟汽车制造有限公司因OBD系统校准问题自愿对458辆柴油车进行了召回（生态环境部，2020c）。

<sup>3</sup> 征求意见稿中没有明确具体数量。

## 3.4 在用车和发动机管理方案

### 在用柴油车队管理

#### 排放标志

2009年7月, 环境保护部宣布了一项全国性的环保标志管理制度, 要求所有制定了排放标志管理方案的省级和市级环保局核验和发放车辆排放标志。这套管理制度目前仍在执行, 在该体系下, 所有符合国I及以上排放标准的汽油车及符合国III及以上排放标准的柴油车都将获得绿色标志; 不符合上述最低排放标准要求但仍符合相应排放标准的车辆将获得黄色标志。不符合相应排放标准的车辆不能获得环保标志。为简化监管, 许多地方政府将I/M制度与黄绿标管理相结合。只有具有黄色/绿色环保标志的车辆上才能登记注册。

实施环保标志主要是为了支持在用车管理, 环保标志主要应用于两大类管理方案: 即地方车辆限行政策和国家老旧车辆报废鼓励方案。在限行管理政策中, “黄标车”被禁止驶入城市中心地区, 例如, 自2010年起, “黄标车”被限制进入北京六环路, 2015年12月, 限行区域进一步扩大到整个城市辖区内。自2017年以后, 国四前的柴油货车已被彻底禁止驶入六环路(联合国环境规划署, 2019年)。许多其他城市也在实施地方性的交通限制措施。

在老旧“黄标车”报废补贴方案中, 报废或置换老旧车辆及“黄标车”的车主可以获得现金补贴。截至2019年底, 几乎所有“黄标车”均已被报废淘汰, 我们在后文中将进一步详细讨论报废鼓励方案。

#### DPF改造方案

在“黄标车”已基本完成淘汰后, 国III和国IV柴油货车成为了车队中最常见的主力车型。这些车辆在销售时通常并未安装DPF装置, 因此已成为道路车辆颗粒物排放的主要贡献源。减少这些老旧车辆排放的主要策略是淘汰它们, 但对于残值较高的老旧车辆和非道路移动机械, 则建议采用DPF改造计划来减少排放。一些地方生态环境保护部门目前正在对柴油货车和非道路移动机械开展DPF改造项目, 而地方政府通常会为这类改造项目提供财政补贴。

2017年, 深圳市人居环境委发布了《在用柴油车及非道路移动机械安装颗粒捕集器技术规范》(深圳市市场监督管理局, 2017年)。《规范》规定了选择合格DPF和适用车辆、将DPF与车辆进行匹配、道路示范测量、安装、维护和监测的原则及方法, 主要适用范围是国III排放标准及以上在用柴油车和国I排放标准及以上的非道路移动机械。

根据管理要求, 改造后的车辆需要在全工况(WhTC)下进行测试, 在非再生期间, 颗粒物过滤效率不得低于97%。改造后氮氧化物( $\text{NO}_x$ )、一氧化碳(CO)和碳氢化合物(HC)排放不得升高, 二氧化碳( $\text{CO}_2$ )排放升高幅度低于3%。此外, 该法规要求每辆经过改造的车辆和非道路移动机械连接到远程监控系统, 通过该系统向深圳市环境监管部门实时报告关键信息(包括地理位置、温度、DPF入口/出口压力和警报信息)。DPF生产企业应负责确保DPF系统在其使用寿命周期(20万公里或4年)内符合使用要求。

2008年, 北京启动了重型柴油车DPF改造项目, 共计对1万辆柴油车进行了改造。2015年, 约有8800辆国IV和国V柴油公交车进行了改造, 以减少其所产生的 $\text{NO}_x$ 排放。2016年1月至2017年12月, 约17000辆重型公共服务车辆加装了DPF(联合国环境署, 2019年)。2008年至2014年期间, 北京为重型柴油车改造提供

相当于改造总成本的一半的补贴额度，上限不超过1.5万元人民币（联合国环境署，2019年）。

2013年，南京针对国II“黄标”柴油车启动了DPF改造计划。改造后车辆的颗粒物排放可符合国III排放标准，并向改造后的车辆发放国III“绿标”（机动车排污监控中心，2017b）。另外，在2017年开展的一个试点项目中，南京市共计为240辆柴油车和非道路机械加装了DPF设备。

2018年，深圳市在其发布的《2018年“深圳蓝”可持续行动计划》中提出了2018年12月31日前，分别完成1000台环卫柴油车和1360台建筑工程柴油车DPF安装改造或提前淘汰的目标（深圳市政府，2018a）。进行改造的货车和非道路机械车主有资格获得每辆车或每台机械最高1万元人民币的补贴（深圳市生态环境局，2018年）。

2017年，天津市交通运输委员会宣布禁止未安装DPF的国III中型和重型货车进入天津外环。天津市鼓励国III货车加装DPF，并为2017年底之前为加装DPF的货车车主提供高达15000元人民币的补贴（天津市交通运输委员会，2017年）。

在用车排放检测

在用车排放标准

多年来，在用车排放标准经历了多次迭代。最重要的升级是从怠速测试和简单的测试转变为更复杂的工况循环和加载测试，这样做是为了让测试更接近真实的行驶条件。

现行的标准是2018年发布的《柴油车污染物排放限值及测量方法(自由加速法及加载减速法)》和《汽油车污染物排放限值及测量方法(双怠速法及简易工况法)》（生态环境部，2018e；生态环境部，2018f）。其中，加载减速法和简易工况法分别是柴油车和汽油车的首选试验方法，在上述方法不适用时，可采用自由加速试验和双速怠速试验。最新的在用车排放限值自2019年5月1日开始实施，其中针对在用柴油车设定了两组限值（详见表8）。其中，限值a适用于所有车辆，更为严格的限值b适用于在机动车保有量超过500万的城市或移动源是空气污染物主要来源的城市登记注册的车辆。上述这些在用车排放测试标准均用于开展I/M定期检查。

表8. 在用车检测项目和限值

| 车辆类型 | 柴油车      |                       | 汽油车       |           |                        |
|------|----------|-----------------------|-----------|-----------|------------------------|
| 试验   | 加载减速     |                       | 简易工况      |           |                        |
| 测试项目 | 不透光度 (%) | NO <sub>x</sub> (ppm) | CO (g/km) | HC (g/km) | NO <sub>x</sub> (g/km) |
| 限值 a | 40       | 1500                  | 8         | 1.6       | 1.3                    |
| 限值 b | 26       | 900                   | 5         | 1         | 0.7                    |

注：NO<sub>x</sub>限值自2020年11月1日开始实施，对于执行限值b的地区，在2020年7月1日前实施1200ppm的过渡限值。

检测与维护（I/M）制度

检测与维护（I/M）制度的目的是筛查出高排放车辆并使其获得维修。几十年来，中国一直在开展强制性的定期排放检验。然而，一些未通过检验的车辆却未能得到有效维修。在某些情况下，车辆甚至会通过临时更换排放控制装置或伪造排放测试结果来通过排放检验。为了解决这一问题，生态环境部、交通运输部会同市场监督管理总局于2020年6月联合发布了《关于建立实施汽车排放检验与维护制度的通知》（生态环境部、交通运输部、市场监督管理总局，2020年），此次建立的新I/M制度的主要改进在于建立了闭环的信息共享平台。

依照《通知》中的要求，地方各级生态环境、市场监管部门要督促指导汽车排放检验机构依法落实汽车排放检验主体责任。检验机构应与生态环境部门联网，实现检验数据实时共享。地方各级交通运输部门要依法依规监督指导汽车排放维护修理工作。

图7展示了I/M制度下的闭环管理流程。对于排放检验不合格的车辆，检验机构将书面通知车主，他们必须前往维修站对车辆进行维修。维修完成后，维修站会将相关维修信息上传至信息共享平台，或向车主交付维修竣工合格证。随后，车辆必须在检验机构重新进行检验，通过排放测试的车辆将获得排放认证或排放标志；如果车辆再次排放检验仍未能通过，则在通过排放检验之前，不得上路行驶。如果不达标车辆在没有获得排放认证的情况下上路行驶，车主将根据新《大气法》受到相应处罚。

如发现检验机构存在伪造检验结果或出具虚假报告等违法行为，生态环境管理部门将暂停其网络联接和检验报告打印功能，并由市场监管部门依法处罚。如发现维修站存在使用假冒伪劣配件、临时更换汽车污染控制装置或夸大维修性能效果等违法行为，交通运输管理部门将依法予以处罚。情节严重的，应撤销其开展检验和维修的相关资质。

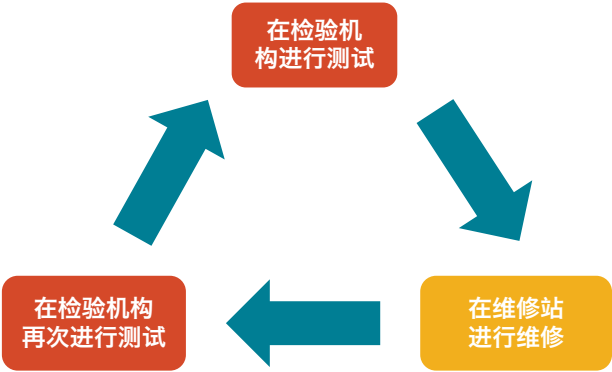


图7. I/M制度下的闭环管理

目前，全国所有31个省/市/直辖市均已开展了车辆环保定期检验，截至2019年底，全国有9768家检验机构，其中大部分已联接至三级（国家-省-市）监测平台。截至2019年底，共有2.478亿辆汽车在环保定期检验中进行了排放测试，占中国汽车保有总量的98.1%。此外，2019年，生态环境部对14993家I/M检验机构和维修站进行了监督检查，其中859个I/M检验机构和维修站被发现违反规定并被处罚。另外，生态环境部和地方生态环境部门还通过遥感、路检路查和上门入户检验等方式对在用车辆进行了3.71亿次随机抽查，发现1100万辆排放不达标车辆（生态环境部，2020d）。根据机动车排污监控中心的内部报告，自2017年以来，在所有排放标准下，柴油车的I/M检验通过率均有所提高，2020年柴油车的总体通过率达到90%（见图8）。此外，从2018年到2020年期间，在I/M检验中进行测试的所有柴油车辆的平均烟度也有所下降。



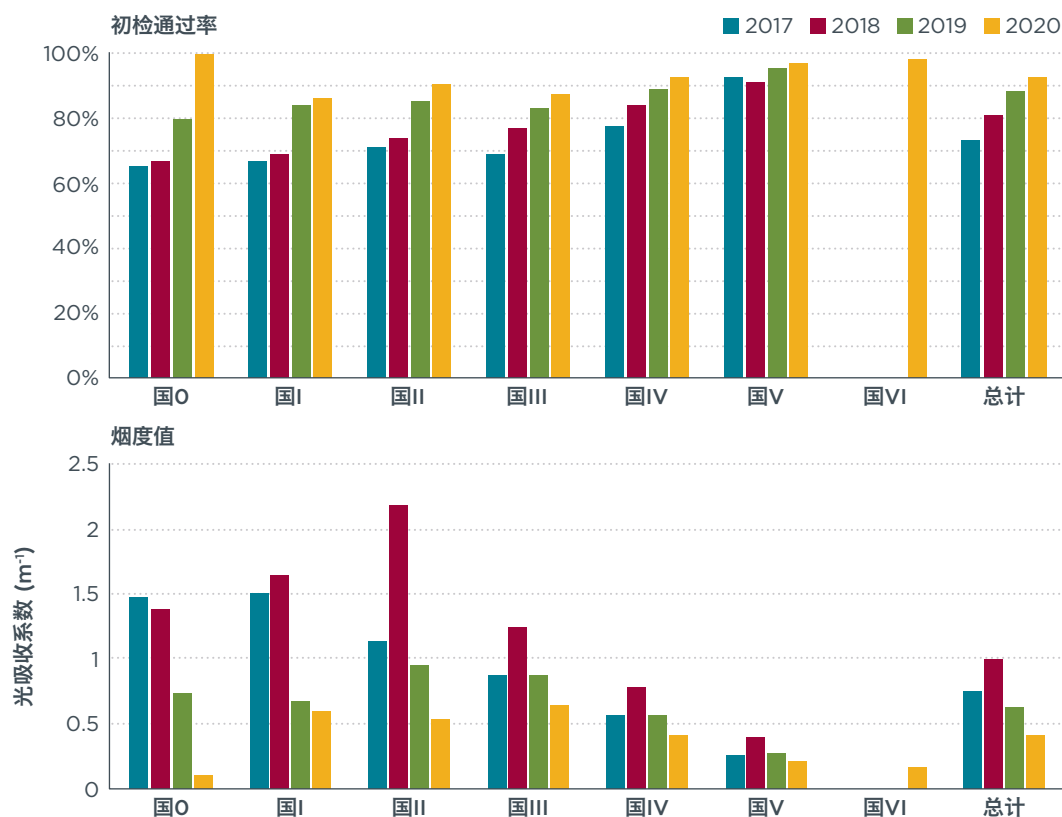


图8. 2017-2020年国O至国VI柴油货车的I/M初检通过率和平均烟度值（机动车排污监控中心, 2021年）

## 路检路查和遥感监测

目前，生态环境部和地方生态环境部门都在依据新的在用车排放标准对柴油车辆进行路边检查，并通过自由加速法、OBD状态、污染控制装置状态和环境保护信息清单来对车辆进行排放检验。此外，生态环境部还正在制定快速检测燃料质量的标准和方法。对于未通过路边检验的柴油车辆，执法人员将对车主进行处罚，并将信息上传至国家信息共享平台。对于不止一次排放超标的柴油车，当地政府将会督促车主尽快进行维修。国VI-b阶段标准中要求重型车配备远程OBD设备，随着国VI-b标准的实施，预计未来将逐步取消对柴油车辆的定期检验。

遥感是一项很有应用前景的技术，它可以在不中断交通流的情况下测量道路车辆的尾气排放。与PEMS相比，遥感可以在短时间内测量大量车辆样本，且单车测量成本要远远低于PEMS测试，车辆在行驶过程中，甚至很难发现自己是在何时何地进行的遥感测试。

2017年，中国制定了《在用柴油车排气污染物测量方法及技术要求（遥感检测法）》

（生态环境部，2017d），这是世界上第一部从国家层面出台的遥感法规。该标准适用于所有柴油车，包括轻型柴油车和重型柴油车，并取代了此前所有与柴油车尾气排放遥感检测相关的地方标准。该法规是一套针对测试规程制定的技术标准，为地方管理部门提供了推荐限值，如果地方管理部门已经或计划开展遥感检测，则可采用相关限值。该标准通过不透光度和林格曼烟度设定了PM排放限值（详见表9）。该标准中的一氧化氮（NO）限值仅可用于筛查高排放车辆，然后还需对其进行进一步检查（高排放车辆通常指会被禁止进入城市或地方政府设置的低排放区的车辆）。如果车辆的某一种污染物在6个月内连续两次或两次以上经遥感检测认定超过了表9中的限值，则可判定该车辆排放不达标。在开展遥感检测的城市，若发现车辆不



符合不透光度或林格曼烟度限值，车主将受到处罚，并需要对车辆进行维修，具体条款由各地自行制定。

表9. 中国柴油汽车遥感排放限值

| 污染物   | 限值       |
|-------|----------|
| 不透光度  | 30%      |
| 林格曼烟度 | I级 (20%) |
| NO    | 1500 ppm |

注. NO限值仅适用于筛查高排放车辆。

在北京，机动车中占比10%的高排放车辆的污染物排放占比可达道路车辆排放总量的50%以上。根据保守估计，中国现有车队中5%的高排放车辆群体贡献了车辆排放总量的25%（机动车排污监控中心，2017a）。因此，遥感管理设定了一个目标，即消除中国车队群体中排放量最高的5%。

柴油货车污染治理攻坚战行动计划要求加快部署遥感和数据报告系统，实现城市一级与省级的联网，并最终联接到国家平台（即三级联网报告）；重点地区应在2018年底以前实现三级联网，在全国其他地区的要求是到2020年实现三级联网。截至2019年底，全国已建立2671个遥感监测站点，并与国家平台联接，另有960个遥感监测站点已列入规划（生态环境部，2020d）。

2018年，通过遥感监测和黑烟探测共计进行了2.73亿次测量，发现210万辆排放超标车辆。此外，地方管理部门还在路边随机抽测了500万辆在用车，其中发现55200辆排放超标车辆（生态环境部，2019b）。

在用柴油发动机管理方案

在用非道路移动机械排放标准

2018年，生态环境部首次针对采用560kW以下柴油发动机的在用非道路移动机械排气烟度发布了强制性国标（生态环境部，2018g）。该标准结合了在不同地区已实施的现有标准，对自由加载法工况下的烟度测量规程进行了标准化规定。如果发动机未满足林格曼烟度限值（详见表10），则被视为检验不合格。对于通过了林格曼烟度测试的发动机，管理部门也可继续采用不透光烟度法进行现场排气烟度检验，排气烟度满足标准的，判定合格，否则为不合格。

表10. 在用非道路移动机械排放标准中所设定的限值

| 类别   | 额定净功率 (kW)                 | 光吸收系数 (m <sup>-1</sup> ) | 林格曼黑度级数    |
|------|----------------------------|--------------------------|------------|
| I类   | P <sub>max</sub> <19       | 3.00                     | 1          |
|      | 19 ≤ P <sub>max</sub> <37  | 2.00                     |            |
|      | 37 ≤ P <sub>max</sub> <560 | 1.61                     |            |
| II类  | P <sub>max</sub> <19       | 2.00                     | 1          |
|      | 19 ≤ P <sub>max</sub> <37  | 1.00                     | 1 (不能有可见烟) |
|      | P <sub>max</sub> ≥ 37      | 0.80                     |            |
| III类 | P <sub>max</sub> ≥ 37      | 0.50                     | 1 (不能有可见烟) |
|      | P <sub>max</sub> < 37      | 0.80                     |            |

该标准设定的三类限值均应采用自由加载法对排放进行测量。其中，I类限值适用于国II及以前阶段排放标准的柴油非道路移动机械，II类限值适用于国III及以后排放阶

段的柴油非道路移动机械，最为严格的III类限值提供给地方政府进行参考，在地方政府划定的非道路移动机械低排放区内，可选择执行III类限值。

### 非道路移动机械低排放区

柴油货车污染治理攻坚战行动计划中提出要求地方管理部门对非道路移动机械实施登记注册和环保信息标签管理，并划定针对非道路移动机械的低排放区。登记注册和环保信息标签管理是从城市层面开展非道路移动机械排放控制的重要措施。包括上海、成都和杭州在内的一些城市已经实施了非道路移动机械标签管理。所有新生产和在用非道路移动机械应进行登记注册，并在登记注册后发放排放标签。需要提交给管理部门的信息包括非道路移动机械的照片、环保信息、发动机铭牌信息、运营公司营业执照或所有者身份信息。

截至2019年底，约有73万台非道路移动机械已经进行了登记注册，全国共有178个城市和直辖市发布了关于禁止在低排放区使用高排放非道路移动机械作业的通知（生态环境部，2020d）。在这些城市，不符合排放标准规定的非道路移动机械会被禁止进入低排放区。例如，自2017年12月1日起，国III阶段以前的非道路移动机械已被禁止进入北京五环路。在深圳，自2018年11月1日起，在一类（福田、罗湖、盐田和南山）和二类低排放区（其他四个地区）内禁止使用国I阶段以前的非道路移动机械；自2020年9月1日起，国II阶段以前的非道路移动机械被禁止进入一类低排放区（深圳市人民政府，2018b）。在成都，自2018年2月1日起，国II阶段以前的非道路移动机械被禁止进入四环路（成都市人民政府，2018年），违反要求操作非道路移动机械的企业和个人将被处以最高50000元人民币的罚款。

### 中国船舶排放控制区

2015年12月，交通部运输部发布了一项行动计划，将建立三个区域性船舶排放控制区，以控制船舶硫氧化物（SO<sub>x</sub>）和氮氧化物（NO<sub>x</sub>）的排放（Mao，2016年；详见图9）。在区域性船舶低排放控制区计划中包含了一项评估要求，评估定于2019年底完成，从而确定是否有必要在划定船舶排放控制区方面开展进一步行动。2018年12月，大概比原计划提前了近12个月的时间，交通运输部发布了更新版行动计划，决定设立中国船舶排放控制区（交通运输部，2018a）。

中国船舶排放控制区由全国领海基线外延12海里，自2019年1月1日起，所有船舶，无论国籍，都必须在中国船舶排放控制区内使用含硫量不大于5000 ppm的燃油。此外，2022年后建造的中国籍国内航行船舶需要符合国际海事组织制定的Tier III氮氧化物排放标准。而在海南省周围的船舶排放控制区，从2022年开始，燃料硫限值将加严至1000 ppm。

除了对硫氧化物和氮氧化物的控制要求外，中国船舶排放控制区还针对岸电使用提出了强制性要求。中国籍船舶在船舶排放控制区内靠泊时应尽可能使用岸电。而在不同类型的船舶中，无论是新建造的还是现有的船队，游轮都需要首先遵守岸电使用的相关规定，不论该船舶属于哪国国籍。

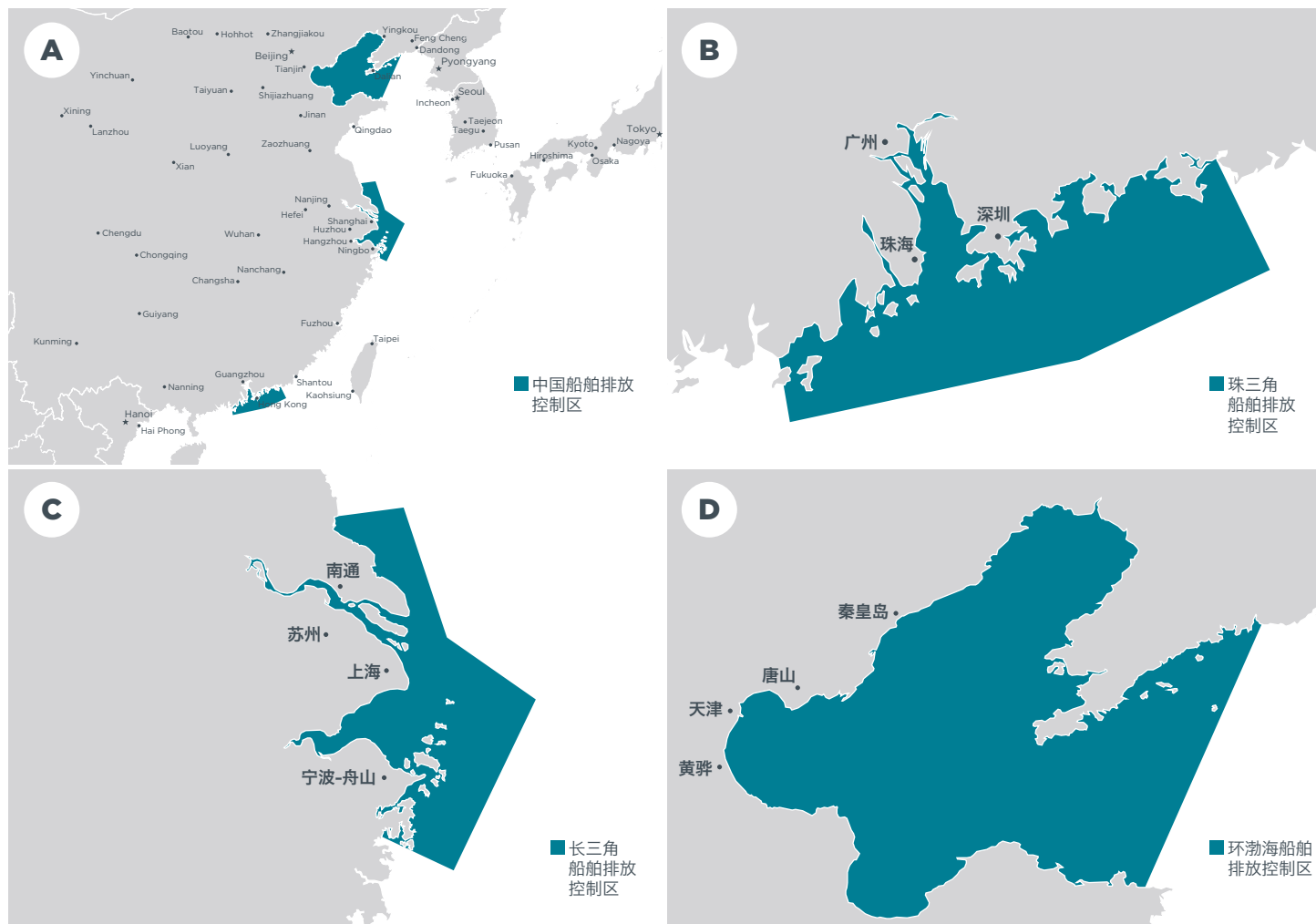


图9. 船舶排放控制区范围：(a) 中国船舶排放控制区、(b) 珠三角船舶排放控制区、(c) 长三角船舶排放控制区、(d) 环渤海船舶排放控制区。来源：ICCT, 参考交通运输部水运科学研究院。

### 3.5 柴油燃料管理方案

#### 柴油燃料标准

在中国，燃料质量标准由国家能源局（NEA）负责制定，由国家市场监督管理总局负责标准的实施与合规监管。中国的燃料质量标准遵循的是欧盟标准路径，自2000年以来，燃料标准一致在逐步加严（详见图5）。柴油燃料方面，车用柴油燃料的硫含量限值从国I阶段标准中的2000 ppm降低到国VI阶段标准中的10 ppm。国VI阶段标准中规定了柴油燃料的多种关键特性包括硫含量、多环芳烃、十六烷值、密度、闪点、灰分含量、粘度、多环芳烃、和总污染物含量等。

经2015年的修订后，新《大气法》明确赋予了生态环境部制定和实施环境空气质量标准和车辆空气污染物排放标准的权力。此外，《大气法》要求燃油质量标准应符合国家大气污染控制要求，并与国家车辆和非道路移动机械排放标准挂钩，配套实施。但生态环境部无权制定或实施燃油质量标准，虽多次努力但仍未能与市场监督管理总局和国家标准化委员会实现协调，导致未能实现车辆排放标准与燃油质量标准的协同统一（Yue等，2015年）。例如，由于市场上无法足量供应合格的柴油燃料，国IV排放标准的实施日期被推迟了30个月，从2011年1月1日推迟至2013年7月1日。

## 非道路柴油标准

过去, 针对非道路移动机械所使用的柴油燃料, 国标中设定的硫含量限值与道路车辆有所不同, 非道路柴油质量明显落后于道路车辆所使用的柴油质量。与道路车用柴油相比, 非道路柴油或普通柴油的硫含量较高, 十六烷值较低, 润滑性较差。当两种类型的柴油燃料同时上市时, 就为道路车辆使用非道路柴油留下了潜在可能 (Yue等, 2015)。2018年, 《打赢蓝天保卫战三年行动计划》中要求取消普通柴油标准, 并实现车用柴油和非道路柴油标准的并轨 (国务院, 2018b)。因此, 2018年11月26日, 市场监督管理总局和国家标准化委员会废除了普通柴油标准 (市场监督管理总局和国家标准化委员会, 2018年)。自2019年1月1日起, 仅允许在中国销售符合国VI燃油质量标准且含硫量不超过10 ppm的柴油燃料。

## 替代柴油燃料管理方案

2015年, 国家能源局发布了《生物柴油产业发展政策》, 并提议构建以废弃油脂为主, 木 (草) 本非食用油料为辅的可持续原料供应体系。为实现这一目标, 该政策提出要求发展废弃油脂生物柴油产业的省份建成完善的废弃油脂回收利用体系, 健全回收利用法律法规。该政策还要求生物柴油生产企业建立完整的原料供应体系, 建设油料能源作物种植基地。生产工艺方面, 要求生物柴油产品收率 (以可转化物计) 达到90%以上, 吨生物柴油产品耗甲醇不高于125千克、新鲜水不高于0.35立方米、综合能耗不高于150千克标准煤。此外, 还鼓励京津冀、长三角、珠三角等大气污染防治重点区域推广使用生物柴油。鼓励汽车、船舶生产企业优化柴油发动机系统设计, 充分发挥生物柴油调合燃料的动力、节能与环保特性 (国家能源局, 2015年)。

现行的生物柴油国标《B5柴油》(GB 21599-2017) 于2017年9月开始实施, 该标准对此前的两项国标《生物柴油调和燃料 (B5)》和《柴油机燃料调合用生物柴油 (BD100)》进行了融合改进, 并将此前的推荐性标准升级为强制性标准。此外, 车用生物柴油 (国VI) 的技术要求和测试规程也与车用柴油国标 (国VI) 和欧VI标准相一致。

此前, 中国有数百家生物柴油生产企业, 但近年来数量急剧下降。在海南、安徽和云南省开展的试点项目均以失败告终。自2017年以来, 上海一直在推动生物柴油在公共交通系统中的应用, 也是中国第一个并且是目前唯一一个成功应用生物柴油的地区, 但即使在上海, 生物柴油也尚未得以广泛应用 (Tong, 2018年)。

## 船用柴油

对于远洋船舶, 中国的船用燃料遵循的是全球标准, 除硫含量限值外, 均执行ISO 8217标准。国际海事组织在《国际防止船舶造成污染公约》(MARPOL) 附件VI中单独提出了硫含量要求, 但不是作为燃料规格标准, 而是从排放标准角度进行的规定。ISO 8217涉及多种船舶燃料类型, 船舶可以使用混合燃料, 以达到规定的硫含量要求, 不过目前尚没有专门针对混合燃料的标准。

对于大型内河船舶和江海直达船舶, 燃料方面使用的是现行的《船用燃料油》(GB/T17411-2015) 标准, 该标准等效于现行的ISO 8217燃料标准。不过, 该标准预计很快也将进行更新修订。与上面提到的国际海事组织所规定的硫含量限值要求类似, 生态环境部/交通运输部在中国船舶排放控制区管理框架下也单独设定了硫含量限值, 但该规定并非作为燃料规格标准, 而是从排放标准的角度提出的。



对于其他较小型的内河船舶，燃料方面可适用国VI车用柴油标准，应使用硫含量不大于10ppm的超低硫柴油燃料。

## 燃油质量合规管理

中国的燃油质量合规管理属于产品质量监督检查的一部分，由国家市场监督管理总局负责。国家和地方市场监督管理部门在开展产品质量检查的过程中会对燃油产品进行年度质量检查。管理部门会从炼厂和加油站采集油品样本，并在向公众公开的质量报告中公布合规率以及供应不合规燃油的加油站名称和位置。不过，具体测试结果，比如硫含量水平并不会予以披露<sup>4</sup>。一直以来，由于中国缺乏燃油质量合规管理方面的立法，被发现生产不合规燃油的炼油厂和被发现销售不合规燃油的加油站并不会受到严厉处罚，违规炼油厂和加油站仅会被责令停止生产和销售不符合规定的燃油。

地方市场监管部门在进行监督和检查时，可遵照国家发布的汽柴油燃料测试规程（国家市场监督管理总局，2015年），测试规程中对抽样方法、处理方法、测试项目、测试项目属于强制性还是自愿性、测试方法、如何判定结果、如何处理有争议的结果以及重新测试方法进行了规定。

2017年，生态环境部开展的一次随机检查显示，京津冀及周边地区私营加油站的柴油合规率不足50%，从货车油箱中提取的柴油样本合规率甚至低于10%（Green Focus，2018年）。第三方调研机构和科研机构开展的调研也表明，柴油质量存在较为严重的问题，尤其是在私营加油站（Yue等，2015年）。

作为柴油货车污染治理攻坚战行动计划中的内容之一，清洁油品行动提出要加强整个供应链的油品质量监管，包括生产、销售、储存和使用环节。清洁油品行动计划的目标是到2020年，全国柴油和车用尿素抽检合格率达到95%，重点区域达到98%以上。为了实现这一目标，中国计划建立柴油和车用尿素供应链监管机制，加强对零售站点和车辆油箱的抽检，并由市场监督管理总局、发改委、商务部、交通运输部和生态环境部牵头，联合开展打击违规加油站的专项行动。

2019年，生态环境部会同相关部门在京津冀开展了车用柴油强化监督。共计对11769个加油站进行了随机检查，采集了19552份柴油燃料样品，其中发现873份柴油燃料样品中的硫含量超过限值，不合格样本占采集样本总数的4.5%。不合格柴油样品的硫含量平均超标25倍，其中55个样品超标100倍以上。此外，还发现并处罚了561个非法加油站（生态环境部，2020d）。

## 3.6 温室气体法规及管理方案

在中国，温室气体排放并不是通过一项单一的法规来直接进行监管的。车辆的CO<sub>2</sub>排放是通过燃料消耗量标准来进行间接管理，一些短寿命气候污染物则是通过国VI排放标准中的相关规定来进行管理。

### 新车燃料消耗量标准

工业和信息化部负责汽车行业的管理，制定包括燃油消耗量标准在内的各项技术标准，并实施促进汽车产业节能的政策。中国是全球六个实施重型车新车燃料消耗量标准的国家和地区之一；其他国家/地区包括日本、美国、加拿大、印度和欧盟。到目前为止，已经发布了三个阶段的重型车燃料消耗量标准。第一阶段和第二阶段分别

<sup>4</sup> 合格率指抽样商品中达标产品的比例。



自2012年和2014年开始实施。第三阶段于2018年2月出台,自2019年7月1日起对进行型式核准的新车车型实施,自2021年7月1日起对在全国销售的新生产重型车实施。第三阶段标准将重型车新车的燃料消耗量限值加严了约15%。该标准涵盖了牵引车和载货汽车,但不包括拖车,然而众所周知,拖车技术对燃油消耗量也有着重要影响。根据中国汽车技术研究中心(CATARC, 2019年)的数据,2017年后登记注册的重型车中仍有25%-42%不符合第三阶段燃油消耗量标准<sup>5</sup>。下一阶段,即第四阶段标准目前正在讨论中,可能会重点关注进一步削减油耗的一些其他技术。目前,第四阶段标准预计将于2024年7月开始对新车型式核准实施,于2026年7月开始对所有新生产车辆实施(中国汽车技术研究中心, 2019年)。

不过,在燃料消耗量标准执行监管方面,中国采用的是行政管理手段,而并非罚款措施。例如,工信部可以拒绝不符合燃料消耗量限值的新车型提出的型式核准申请,但却没有明确的权力召回不符合燃料消耗量标准的车辆(Cazzola等, 2019年; Cui, 2018年)。相比之下,车辆排放标准在监管不合规车辆方面所采取的行动措施越来越多,针对燃料消耗量标准不合规行为的监管措施是有所欠缺的。

## 在用车温室气体管理方案

### 中国绿色货运行动

中国绿色货运行动(CGFI)是2012年启动的一项自愿性项目,旨在提高能源效率,减少中国道路货运领域所产生的温室气体和空气污染物排放。这是一项面向全国的自愿性项目,由政府部门、企业、发展机构、社会组织和其他相关部门共同协作开展。在交通运输部的指导下,该项目由中国道路运输协会、交通运输部公路科学研究院与亚洲清洁空气中心三家单位负责实施(globalgreenfreight.org, 2021年)。中国绿色货运行动项目包含三方面内容:绿色管理、绿色技术和绿色驾驶。其中,绿色管理旨在通过更好的装载和甩挂实践来加强车队的有效管理;绿色技术旨在开发绿色货运车辆标准,鼓励采用绿色货运车辆技术,发布一系列绿色技术和节能产品名录;绿色驾驶方面,中国绿色货运行动正在通过开展节能驾驶培训和发布指导手册推广节能驾驶(智慧货运中心, 2017年)。中国绿色货运行动发布了两项自愿性标准,即《绿色货运企业标准》和《绿色货运车辆标准》,标准为承运人企业和货运车辆提供了详细的标准和“五叶”等级划分要求(中国道路运输协会, 2015a; 2015b)。表11和表12总结了绿色货运车辆和绿色货运企业标准。

中国绿色货运行动目前正在进行第四阶段,重点是吸引更多的货主参与,启动地方试点项目,开发量化工具和宣传平台(globalgreenfreight.org, 2021)。在中国绿色货运行动项目的支持和资助下,广东省于2011年至2015年期间开展了绿色货运示范项目。共有14家运输企业和1500辆货车参与了该项目。示范项目中的大多数货车都安装了低滚阻轮胎、导流罩和节能驾驶系统等节能技术,并证明了这些技术具有显著的节油效果。总的来说,该项目产生了非常积极的示范效果。项目结束后,承运企业已继续自行购置使用这些节油技术。根据估算,该项目每年可实现二氧化碳减排6.4万吨(广东省绿色货运示范项目办公室, 2015年)。

<sup>5</sup> 25%的整体式卡车、42%的自卸汽车、37%的客车和35%的牵引车不符合第三阶段燃油消耗量标准。

表11. 自愿性绿色货运车辆标准汇总

| 类别       | 要求                                                        |
|----------|-----------------------------------------------------------|
| 燃油经济性    | 满足工信部第二阶段燃料消耗量标准                                          |
| 排放标准     | 国IV                                                       |
| 节油技术（可选） | 轻量化计划、降低空气阻力技术、低滚阻轮胎、低粘度润滑油、废气涡轮增压技术、发动机热管理系统、高压共轨、车载智能终端 |
| 车辆技术管理要求 | 车辆性能检查和维护、车辆运行燃料消耗量定额管理制度、润滑油/轮胎/车辆零部件管理制度                |
| 优先推荐车型   | 甩挂运输货运车辆、CNG/LNG货运车辆、混合动力和纯电动货运车辆                         |

表12. 绿色货运企业标准汇总

| 类别   | 评定标准               |
|------|--------------------|
| 绿色管理 | 车辆利用率（里程）          |
|      | 甩挂运输承运率            |
|      | 专业的物流和配送业务         |
|      | 信息管理系统             |
|      | 道路货运车辆公共平台使用率      |
| 绿色技术 | 绿色货运车辆             |
|      | 燃料消耗量              |
|      | 车队规模和车辆类型          |
|      | 新能源汽车数量            |
|      | 节能技术应用率            |
| 绿色驾驶 | 奖惩机制               |
|      | 责任机制               |
|      | 节能驾驶培训             |
|      | 燃油消耗量统计管理制度        |
|      | 安全行车100万公里以上的驾驶员比例 |

2018年7月, 交通运输部在22个城市启动了推广绿色货运的示范项目（交通运输部, 2018c）。2019年, 另外24个城市被选为第二阶段示范城市（交通运输部, 2019年）。推广电动货车是示范项目在物流领域的主要任务之一, 主要推广措施包括改善城市货运车辆充电基础设施、电动货车道路通行优先权以及在示范城市实行财税和保险优惠政策（交通运输部, 2019年）。

### 3.7 先进技术推广方案

#### 天然气汽车推广政策

1999年, 中国启动了清洁汽车行动, 成立了由科技部、交通部、建设部、环保总局等13个部委组成的全国清洁汽车行动协调领导小组, 包括北京、上海、天津、重庆在内的12个城市被确定为清洁汽车行动的首批试点城市 (Liu, 2008)。2001年, 北京成为拥有全世界最大规模天然气公交车车队的城市, 共有1300辆压缩天然气 (CNG) 公交车, 占公交车队车辆总数的17%。2007年, 作为2008年奥运会期间改善空气质量工作的一项措施, CNG公交车队进一步扩大到4000辆 (中国日报, 2008年)。由于液化天然气 (LNG) 具有更高的能量密度, 在燃料箱尺寸大小类似的情况下, LNG能够提供更长的续驶里程, 北京因此于2012年推出了LNG公交车, 以满足日益增长的清洁交通运输需求 (Yang等, 2015年)。目前, 包括杭州、厦门、东莞和保定在内的许多其他城市也已经在其公交车队中引入了CNG和LNG车辆 (国家能源局, 2012年)。

2014年, 国务院发布了《国家应对气候变化规划(2014-2020年)》, 要求积极推广天然气动力汽车、纯电动汽车等新能源汽车(国务院, 2014a)。2015年, 财政部、国家税务总局和工信部发布了针对天然气商用车的税收优惠政策, 对其减半征收车船税(财政部, 2015年)。国家发改委在其发布的《天然气发展“十三五”规划》中提出要积极支持天然气汽车和船舶的发展, 特别是在公交车、载货汽车、出租车以及商用船舶领域(发改委, 2016年)。其提出的目标是到2020年, 气化各类车辆约1000万辆, 配套建设加气站超过1.2万座, 船用加注站超过200座(发改委, 2016年)。截至2018年底, 天然气汽车保有量已达到670万辆(中国交通运输协会, 2019年)。

总体而言, 中国支持和鼓励天然气汽车的发展。但与新能源汽车相比, 中国在国家层面给予天然气汽车的补贴要少得多。只有一些地方政府在为天然气公交车和货车提供补贴, 并且许多相应的补贴政策已在2018年之前结束。

## 新能源汽车

在中国, 新能源汽车(NEV)包括纯电动汽车(BEV)、插电式混合动力汽车(PHEV)和燃料电池汽车(FCV)。2009年, 中国启动了标志性的“十城千辆”示范工程, 开始推广新能源汽车。在随后的十年中, 中国成为了世界上最大的电动汽车市场, 电动乘用车数量占全球约一半, 电动公交车数量占全球近99%。由于中国几乎没有柴油乘用车, 我们在本文将重点关注新能源公交车和货车。

2015年, 交通运输部制定了推广目标, 计划在城市公交、出租汽车和城市物流配送等领域推广新能源汽车, 至2020年道路应用总量达到30万辆(交通运输部, 2015年)。2018年, 交通运输部进一步将这一目标提高至60万辆(交通运输部, 2018b)。生态环境部在2018年发布的《打赢蓝天保卫战三年行动计划》还要求加快推进城市建成区新增和更新的公交、环卫、邮政、出租、通勤、轻型物流配送车辆使用新能源或清洁能源汽车, 2020年年底重点区域使用比例达到80%; 此外, 重点区域的直辖市、省会城市、计划单列市建成区公交车全部更换为新能源汽车(国务院, 2018b)。工信部目前正在考虑针对公交车和货运卡车等商用车辆制定新能源汽车积分管理制度, 该政策将强制要求在新车生产环节生产一定比例的新能源汽车(工信部, 2018年)。自2019年起, 中国已经针对乘用车实施了新能源汽车双积分政策(崔, 2018年)。

截至2020年底, 中国已发展了58.8万辆新能源公交车。其中, 85%为纯电动汽车, 15%为插电式混合动力汽车(国际能源署, 2021年)。深圳、广州等领先城市已经实现公交车车队近100%零排放化, 只有极少数柴油公交车留作应急使用(深圳市交通运输局, 2018年; 广州市人民政府, 2018年)。

除了大力发展电动汽车, 2020年中国的政策风向开始向氢燃料电池汽车行业释放出强烈信号, 提出了到2025年燃料电池汽车保有量达到5万辆, 到2030年达到100万辆的目标。在《中华人民共和国能源法》征求意见稿中, 氢能首次作为能源被列入国家法律法规当中, 随后, 在四部委发布的《关于进一步完善新能源汽车推广应用财政补贴政策的通知》中, 进一步将燃料电池汽车的推广政策与电动汽车分开考虑, 并在随后的一份文件中详细说明了新政策将如何实施, 并与选定的重点省份进行了磋商。此外, 中国还将选择既具备氢能供应能力又具备足够经济和政策基础的城市开展试点项目, 支持燃料电池汽车的发展。目前, 在燃料电池汽车推广方面, 只为经批准的试点城市提供财税鼓励支持, 并没有推出全国性的购置补贴(Jin&He, 2020)。

## 零排放非道路移动机械

《打赢蓝天保卫战三年行动计划》中要求在重点区域的港口优先应用新能源非道路移动机械。生态环境部于2018年发布的《非道路移动机械污染防治技术政策》中也鼓励在非道路移动机械领域应用纯电动和燃料电池等新能源技术。在所有类型的非道路移动机械中，叉车的电动化率相对较高。根据中国工程机械工业协会2016年发布的《工程机械行业“十三五”发展规划》，锂电池和燃料电池叉车是鼓励推荐和推广的创新产品。2020年，超过50%的新销售叉车为电动叉车（工程机械工业协会工业车辆分会，2020年）。此外，交通运输部还将发布一项推广电动公共车辆和非道路移动机械的行动计划，其目标是到2025年，电动叉车的数量将占叉车总数的55%以上（工信部，2020年）。

## 3.8 激励性政策

### “黄标车”及老旧车辆报废淘汰

2009年，国I前车辆占车辆总数的17.1%，但其NO<sub>x</sub>排放量占比达到49.7%，PM排放量占比达到55.9%（生态环境部，2010年）。从国家层面，政府的目标是到2014年底淘汰“黄标车”和老旧车600万辆；到2015年底将2005年底之前注册的所有

“黄标车”全部报废淘汰；到2017年底，基本淘汰所有“黄标车”（国务院，2013年；国务院，2014b）。2004年，财政部和商务部启动了一项全国性的消费者激励计划，以加速老旧车辆报废淘汰。在该计划中，根据具体车辆类别，报废老旧车辆并置换新车的车主有资格获得4000元至15000元人民币的置换补贴（财政部，2005年）。2011年1月，置换补贴上限进一步提高至18000元人民币（财政部，2011年）。一些地方政府还提供了额外的财政激励。例如，北京为每辆车提供了高达12000元人民币的财政补贴（Fan, 2018）。海南省为每辆车提供了高达25000元的报废补贴（Zhou, 2018）。

2010年，全国共有866万辆柴油“黄标车”。到了2019年底，柴油“黄标车”（国III以前）的数量只剩余25万辆；这意味着97%的柴油“黄标车”已经报废淘汰（机动车排污监控中心，2020年）。根据《柴油货车污染治理攻坚战行动计划》，下一步将在重点地区淘汰100万辆国IV阶段以前的重型货车。

### 新能源汽车补贴

财政激励是推动新能源汽车早期发展的关键手段。2009年，中国开始在国家 and 地方各级层面对新能源汽车进行补贴。补贴政策目前仍在进行中，但已进行了一些调整，加严了对被补贴车辆的技术要求。随着商业化技术的日益成熟，补贴政策也在逐步退坡（详见图10）。



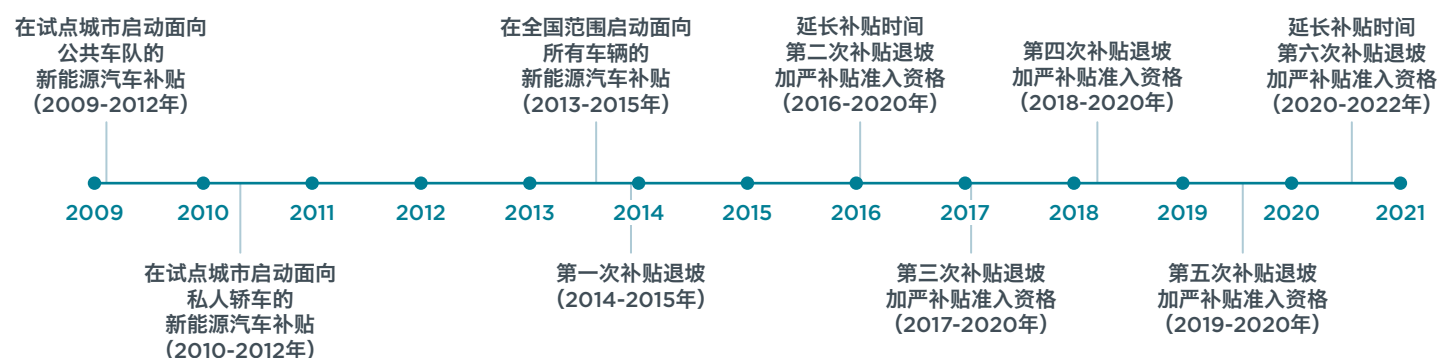


图10. 中国新能源汽车补贴政策发展时间表

表13根据最新修订的政策（财政部，2020年）详细说明了国家对纯电动和插电式混合动力公交客车及城市客车的补贴额度。纯电动和插电式混合动力电动客车的补贴计算方法如下方公式所示：

$$\text{补贴额度} = \text{最小额} \left\{ \text{补贴额}_{BC-i}, \text{补贴额}_{VL-i} \right\} \times F_i$$

其中：

$\text{补贴额}_{BC-i}$  = 根据车辆类型*i* (*i*=非快充纯电动汽车、快充纯电动汽车或插电式混合动力汽车) 由电池带电量确定的基础补贴额

$\text{补贴额}_{VL-i}$  = 根据车辆类型*i*由车辆长度确定的补贴上限

$F_i$  = 车辆类型*i*的调整系数（非快充纯电动汽车的电能消耗量、快充纯电动汽车的快充倍率、插电式混合动力汽车的节油率水平）。电动公交客车还能享受地方补贴，通常为国家补贴额的50%。

表13. 2020年纯电动和插电式混合动力公交客车和城市客车补贴

| 技术类型      | 基准补贴<br>(元/kWh) | 车辆长度补贴上限 (L)<br>(千元/车) |          |       | 调整系数                       |              |     |
|-----------|-----------------|------------------------|----------|-------|----------------------------|--------------|-----|
|           |                 | 6m<L≤8m                | 8m<L≤10m | L>10m | 参数                         | 分级           | 系数  |
| 非快充纯电动汽车  | 500             | 25                     | 55       | 90    | 电能消耗量<br>(EC,<br>Wh/km·kg) | 0.17<EC≤0.18 | 0.8 |
|           |                 |                        |          |       |                            | 0.15<EC≤0.17 | 0.9 |
|           |                 |                        |          |       |                            | EC≤0.15      | 1   |
| 快充纯电动汽车   | 900             | 20                     | 40       | 65    | 快充倍率<br>(CS, C)            | 3C<CS≤5C     | 0.8 |
|           |                 |                        |          |       |                            | 5C<CS≤15C    | 0.9 |
|           |                 |                        |          |       |                            | CS>15C       | 1   |
| 插电式混合动力汽车 | 600             | 10                     | 20       | 38    | 节油率<br>(%)                 | 60%<FS≤65%   | 0.8 |
|           |                 |                        |          |       |                            | 65%<FS≤70%   | 0.9 |
|           |                 |                        |          |       |                            | FS>70%       | 1   |

表14根据最新修订的政策详细说明了国家对纯电动和插电式混合动力货车和专用车的补贴额度（Cui & He, 2020年）。补贴额是根据车辆电池容量确定的，并根据技术类型和车辆重量等级进一步进行了规定。自2019年6月26日起，不再向电动货车提供地方补贴。



表14. 2020年纯电动和插电式混合动力货车和专用车补贴

| 技术类型    | 基准补贴<br>(元/kWh) | 车辆重量补贴上限(M)<br>(千元/车) |                    |            |
|---------|-----------------|-----------------------|--------------------|------------|
|         |                 | M≤3,500kg             | 3,500kg<M≤12,000kg | M>12,000kg |
| 纯电动     | 315             | 18                    | 35                 | 50         |
| 插电式混合动力 | 450             | —                     | 20                 | 31.5       |

自2020年4月23日起, 中国中央政府不再向燃料电池汽车提供购置补贴。作为购置补贴的替代, 国家新启动了一个为期四年的试点项目, 将选择合适的城市进行燃料电池汽车的研发和应用示范。该试点项目旨在鼓励创新, 促进中国氢燃料和燃料电池汽车产业的发展。中央政府将为成功开展试点的城市提供奖励, 具体奖励措施细节将出台具体政策文件予以说明 (Cui & He, 2020年)。

## 4. 总结

自2013年以来, 中国在改善空气质量方面已取得了重大成果,  $\text{PM}_{2.5}$  的平均浓度从2013年的 $72\mu\text{g}/\text{m}^3$ 降至2019年的 $36\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。截至2020年, 几乎所有“黄标车”都已报废淘汰。道路车辆和非道路移动机械所使用的柴油燃料硫含量限值从国I标准中的2000 ppm降至国VI标准中的10 ppm。国6/VI排放标准更是世界上最严格的标准之一。

然而, 中国仍然面临重大挑战。 $\text{PM}_{2.5}$  的平均浓度仍然高于世界卫生组织指南中规定的 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。近年来, 臭氧污染也开始成为中国主要城市所面临的一个问题, 柴油车和柴油发动机仍然是 $\text{NO}_x$  和PM排放的主要来源。此外, 目前 $\text{CO}_2$  排放是通过另外一项独立标准来进行管控, 因此尚无法做到与污染物排放的协同控制。

在本系列的另一份研究报告中, 我们将介绍加利福尼亚州的清洁柴油机计划, 并对中国和加州清洁柴油机计划的组成方案进行比较。另外, 我们还将报告中就中国如何通过开展清洁柴油机行动来进一步减少柴油发动机排放和改善空气质量提供相关政策建议。

## 参考文献

- 北京市生态环境局. (2019). 《行政处罚决定书》(安徽江淮汽车集团股份有限公司). 详见: <http://gzcx.sthjj.beijing.gov.cn/eportalapply/downfile/8414F103052842D6AB59F57D93CA4B61/B386538B-1D5B-4D08-8C1C-51D1F2046B3F/处罚决定书.pdf>
- 加州空气资源委员会. (n.d.). Inhalable particulate matter and health (PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub>). 2021年6月10日, 详见: <https://ww2.arb.ca.gov/resources/inhalable-particulate-matter-and-health>
- 中国汽车技术研究中心. (2019). 重型商用车油耗标准工作组第20次会议发言
- Cazzola, P., Scheffer, S., Paoli, L., Craglia, M., Tietge, U., & Yang, Z. (2019). *Fuel economy in major car markets: Technology and policy drivers, 2005–2017*. 国际清洁交通委员会, 详见: <https://theicct.org/publications/gfei-tech-policy-drivers-2005-2017>
- 成都市人民政府. (2018). 《成都市人民政府关于划定高排放非道路移动机械禁止使用区的通告》, 详见: [http://e.chengdu.cn/html/2018-01/06/content\\_614949.htm](http://e.chengdu.cn/html/2018-01/06/content_614949.htm)
- 中国交通运输协会. (2019年5月19日). 《中国天然气汽车保有量继续位居世界第一》, 详见: <http://www.inengyuan.com/kuaixun/110.html>
- 中国工程机械工业协会工业车辆分会. (2020). 《2020年工业车辆总销量有望超过75万台》, 详见: [https://www.sohu.com/a/441464494\\_817053](https://www.sohu.com/a/441464494_817053)
- 中国道路运输协会. (2015a). 《绿色货运企业标准》, 详见: <http://www.cleanairasia.cn/uploads/soft/151119/1-151119131241.pdf>
- 中国道路运输协会. (2015b). 《绿色货运车辆标准》, 详见: <http://www.cleanairasia.cn/uploads/soft/151119/1-151119131320.pdf>
- 国务院. (2011). 《国家环境保护“十二五”规划》, 详见: [http://www.gov.cn/zwggk/2011-12/20/content\\_2024895.htm](http://www.gov.cn/zwggk/2011-12/20/content_2024895.htm)
- 国务院. (2013). 《大气污染防治行动计划》, 详见: [http://www.gov.cn/zwggk/2013-09/12/content\\_2486773.htm](http://www.gov.cn/zwggk/2013-09/12/content_2486773.htm)
- 国务院. (2014a). 《国家应对气候变化规划(2014–2020年)》, 详见: <http://www.scio.gov.cn/xwfbh/xwfbh/wqfbh/35861/37265/xgzc37271/Document/1603660/1603660.htm>
- 国务院. (2014b). 《政府工作报告》, 详见: [http://www.gov.cn/guowuyuan/2014-03/14/content\\_2638989.htm](http://www.gov.cn/guowuyuan/2014-03/14/content_2638989.htm)
- 国务院. (2016). 《国家环境保护“十三五”规划》, 详见: [http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-12/05/content\\_5143290.htm](http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-12/05/content_5143290.htm)
- 国务院. (2018a). China to establish ministry of ecological environment. 详见: [http://english.www.gov.cn/state\\_council/ministries/2018/03/13/content\\_281476076462818.htm](http://english.www.gov.cn/state_council/ministries/2018/03/13/content_281476076462818.htm)
- 国务院. (2018b). 《打赢蓝天保卫战三年行动计划》, 详见: [http://www.gov.cn/zhengce/content/2018-07/03/content\\_5303158.htm](http://www.gov.cn/zhengce/content/2018-07/03/content_5303158.htm)
- 国务院. (2018c). 《推进运输结构调整三年行动计划(2018–2020年)》, 详见: [http://www.gov.cn/zhengce/content/2018-10/09/content\\_5328817.htm](http://www.gov.cn/zhengce/content/2018-10/09/content_5328817.htm)
- Cui, H. (2018). *China's New Energy Vehicle mandate policy (final rule)*. 国际清洁交通委员会, 详见: <https://theicct.org/publications/china-nev-mandate-final-policy-update-20180111>
- Cui, H., & He, H. (2020). *China announced 2020–2022 subsidies for new energy vehicles*. 国际清洁交通委员会, 详见: <https://theicct.org/publications/china-2020-22-subsidies-new-energy-vehicles-jul2020>
- 丁静 & 王自宸 (2014年3月27日). 《把关不严“假国三”柴油车泛滥》, 经济参考报, 详见: [http://dz.jckb.cn/www/pages/webpage2009/html/2014-03/27/content\\_88270.htm?div=-1](http://dz.jckb.cn/www/pages/webpage2009/html/2014-03/27/content_88270.htm?div=-1)
- 范晓 (2018年3月9日). 《北京: 去年老旧车淘汰补贴15.8亿元》, 中国日报, 详见: [http://xinhuanet.com/auto/2018-03/09/c\\_1122509428.htm](http://xinhuanet.com/auto/2018-03/09/c_1122509428.htm)
- 高飞昌. (2017年2月16日). 《淘宝惊现大批售卖造假设备! 商用车排放造假面积扩大》, 经济观察报, 详见: <http://www.eeo.com.cn/2017/0216/298238.shtml>
- Globalgreenfreight.org. (未标注日期). 中国绿色货运行动 (CGFI). 2021年6月10日查阅, 详见: <http://www.globalgreenfreight.org/green-freight/china-green-freight>

Green Focus: 《攻坚战为何瞄准柴油货车》(2018年8月4日), 人民日报, 详见: [http://www.xinhuanet.com/fortune/2018-08/04/c\\_1123221467.htm](http://www.xinhuanet.com/fortune/2018-08/04/c_1123221467.htm)

广东绿色货运示范项目办公室 (2015年). 广东绿色货运示范项目, 详见: [http://www.allaboutair.cn/a/green\\_transport\\_column/2015/1109/47.html](http://www.allaboutair.cn/a/green_transport_column/2015/1109/47.html)

广州市人民政府. (2018). 《2020年广州公交实现100%电动化》, 详见: [http://www.gz.gov.cn/zfw/zxfw/kjcy/content/mpost\\_2861125.html](http://www.gz.gov.cn/zfw/zxfw/kjcy/content/mpost_2861125.html)

国际能源署. (2021). Global EV data explorer. 详见: <https://www.iea.org/articles/global-ev-data-explorer>

Jin, L., & He, H. (2020). Ten cities, thousand fuel cell vehicles? China is sketching a roadmap for hydrogen vehicles [博客文章]. 详见: <https://theicct.org/blog/staff/china-sketching-roadmap-hydrogen-vehicles-aug2020>

李娜 (2008年7月30日). 《北京公交与“绿色奥运”同行》, 中国日报, 详见: <http://unn.people.com.cn/GB/7583685.html>

刘佳宁 (2008年3月11日). 《清洁能源汽车发展十年间》, 光明日报, 详见: [https://epaper.gmw.cn/gmrb/html/2008-03/11/nw.D110000gmrb\\_20080311\\_2-07.htm](https://epaper.gmw.cn/gmrb/html/2008-03/11/nw.D110000gmrb_20080311_2-07.htm)

Mao, X. (2016). Action Plan for establishing ship emission control zones in China. 国际清洁交通委员会, 详见: <https://theicct.org/publications/action-plan-establishing-ship-emission-control-zones-china>

生态环境部. (2010). 《中国机动车污染防治年报2010》, 详见: <http://www.mee.gov.cn/hjzl/sthjzk/ydyhjgl/201605/P020160513584224576662.pdf>

生态环境部. (2017a). 关于印发《国家环境保护标准“十三五”发展规划》的通知, 详见: [http://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bwj/201704/t20170414\\_411566.htm](http://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bwj/201704/t20170414_411566.htm)

生态环境部. (2017b). 《京津冀及周边地区2017年大气污染防治工作方案》, 详见: [http://www.mee.gov.cn/ywdt/hjywnews/201703/t20170330\\_409037.shtml](http://www.mee.gov.cn/ywdt/hjywnews/201703/t20170330_409037.shtml)

生态环境部. (2017c). 《重型柴油车、气体燃料车排气污染物车载测量方法及技术要求》, 详见: [http://www.mee.gov.cn/ywgz/fgbz/bz/bzwb/dqhjbh/dqydywrwpfbz/201709/t20170921\\_422035.shtml](http://www.mee.gov.cn/ywgz/fgbz/bz/bzwb/dqhjbh/dqydywrwpfbz/201709/t20170921_422035.shtml)

生态环境部. (2017d). 《在用柴油车排气污染物测量方法及技术要求(遥感检测法)》, 详见: <http://203.187.160.134:9011/kjs.mee.gov.cn/c3pr90ntc0td/hjbhzb/bzwb/dqhjbh/dqydywrwpfbz/201708/W020170802605590990126.pdf>

生态环境部. (2018a). 关于《大气污染防治行动计划》实施情况终期考核结果的通报, 详见: [http://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk06/201806/t20180601\\_629733.html](http://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk06/201806/t20180601_629733.html)

生态环境部. (2018b). 《行政处罚决定书》(山东唐骏欧铃汽车制造有限公司), 详见: [http://www.mee.gov.cn/gkml/sthjbgw/qt/201801/t20180108\\_429270\\_wh.htm](http://www.mee.gov.cn/gkml/sthjbgw/qt/201801/t20180108_429270_wh.htm)

生态环境部. (2018c). 《行政处罚决定书》(山东凯马汽车制造有限公司), 详见: [http://www.mee.gov.cn/gkml/sthjbgw/qt/201801/t20180108\\_429269\\_wh.htm](http://www.mee.gov.cn/gkml/sthjbgw/qt/201801/t20180108_429269_wh.htm)

生态环境部. (2018d). 重型车国VI排放标准, 详见: <http://www.mee.gov.cn/ywgz/fgbz/bz/bzwb/dqhjbh/dqydywrwpfbz/201807/W020180703397013304274.pdf>

生态环境部. (2018e). 《汽油车污染物排放限值及测量方法(双怠速法及简易工况法)》, 详见: [http://www.mee.gov.cn/ywgz/fgbz/bz/bzwb/dqhjbh/dqydywrwpfbz/201811/t20181113\\_673593.shtml](http://www.mee.gov.cn/ywgz/fgbz/bz/bzwb/dqhjbh/dqydywrwpfbz/201811/t20181113_673593.shtml)

生态环境部. (2018f). 《柴油车污染物排放限值及测量方法(自由加速法及加载减速法)》, 详见: [http://www.mee.gov.cn/ywgz/fgbz/bz/bzwb/dqhjbh/dqydywrwpfbz/201811/t20181113\\_673588.shtml](http://www.mee.gov.cn/ywgz/fgbz/bz/bzwb/dqhjbh/dqydywrwpfbz/201811/t20181113_673588.shtml)

生态环境部. (2018g). 《非道路柴油移动机械排气烟度限值及测量方法》, 详见: <http://www.mee.gov.cn/ywgz/fgbz/bz/bzwb/dqhjbh/dqydywrwpfbz/201811/W020181113596500172888.pdf>

生态环境部. (2019a). 《柴油货车污染治理攻坚战行动计划》, 详见: [http://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk03/201901/t20190104\\_688587.html](http://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk03/201901/t20190104_688587.html)

生态环境部. (2019b). 《中国移动源环境管理年报2019》, 详见: <http://www.mee.gov.cn/hjzl/sthjzk/ydyhjgl/201909/P020190905586230826402.pdf>

生态环境部. (2020a). 中国机动车污染防治年报2011-2020, 详见: <https://www.vecc.org.cn/jdcwfj/1871.jhtml>



- 生态环境部. (2020b). 《非道路柴油移动机械污染物排放控制技术要求》，详见：  
[http://www.mee.gov.cn/ywgz/fgbz/bz/bzwb/dqhjbh/dqdywrfpbz/202012/t20201231\\_815684.shtml](http://www.mee.gov.cn/ywgz/fgbz/bz/bzwb/dqhjbh/dqdywrfpbz/202012/t20201231_815684.shtml)
- 生态环境部. (2020c). 《浙江飞碟汽车制造有限公司召回部分奥驰系列载货汽车》，详见：  
[http://www.mee.gov.cn/ywgz/dqhjbh/ydyhjgl/202008/t20200828\\_795687.shtml](http://www.mee.gov.cn/ywgz/dqhjbh/ydyhjgl/202008/t20200828_795687.shtml)
- 生态环境部. (2020d). 《中国移动源环境管理年报2020》，详见：<http://www.mee.gov.cn/hjzl/sthjzk/ydyhjgl/202008/P020200811521365906550.pdf>
- 生态环境部、交通运输部、国家市场监督管理总局. (2020). 《关于建立实施汽车排放检验与维护制度的通知》，详见：[http://xxgk.mot.gov.cn/jigou/ysfws/202006/t20200623\\_3398675.html](http://xxgk.mot.gov.cn/jigou/ysfws/202006/t20200623_3398675.html)
- 工业和信息化部. (2018). 《工信部：新能源商用车双积分政策正在研究中》，详见：  
<http://www.360buses.cn/news/2018/0123/65510.shtml>
- 工业和信息化部. (2020). 《关于政协十三届全国委员会第三次会议第1535号（工交邮电类185号）提案答复的函》，详见：[https://www.mii.gov.cn/zwgk/jytafwgk/art/2020/art\\_75c6d5a31df24aa58aa283cbc1e031f7.html](https://www.mii.gov.cn/zwgk/jytafwgk/art/2020/art_75c6d5a31df24aa58aa283cbc1e031f7.html)
- 财政部. (2005). 《2005年老旧汽车报废更新补贴资金发放有关事宜》，详见：  
<http://www.mofcom.gov.cn/aarticle/b/d/200504/20050400068889.html>
- 财政部. (2011). 《2011年老旧汽车报废更新补贴资金发放范围及标准》，详见：  
<http://www.mofcom.gov.cn/article/b/d/201106/20110607590770.shtml>
- 财政部. (2015). 《关于节约能源使用新能源车船车船税优惠政策的通知》，详见：  
<http://www.chinatax.gov.cn/n810341/n810755/c1617349/content.html>
- 财政部. (2020). 《关于完善新能源汽车推广应用财政补贴政策的通知》，详见：  
[http://jjs.mof.gov.cn/zhengcefaui/202004/t20200423\\_3502975.htm](http://jjs.mof.gov.cn/zhengcefaui/202004/t20200423_3502975.htm)
- 交通运输部. (2015). 《交通运输部关于加快推进新能源汽车在交通运输行业推广应用的实施意见》，详见：[http://www.gov.cn/gongbao/content/2015/content\\_2883248.htm](http://www.gov.cn/gongbao/content/2015/content_2883248.htm)
- 交通运输部. (2018a). 《船舶大气污染物排放控制区实施方案》，详见：  
[http://xxgk.mot.gov.cn/jigou/haishi/201812/t20181220\\_3146515.html](http://xxgk.mot.gov.cn/jigou/haishi/201812/t20181220_3146515.html)
- 交通运输部. (2018b). 《交通运输部八项重点任务攻坚污染防治》，详见：  
[http://www.mot.gov.cn/jiaotongyaowen/201806/t20180625\\_3036953.html](http://www.mot.gov.cn/jiaotongyaowen/201806/t20180625_3036953.html)
- 交通运输部. (2018c). 《关于公布城市绿色货运配送示范工程创建城市的通知》，详见：  
<http://www.scio.gov.cn/xwfbh/xwfbh/wqfbh/37601/38477/xgzc38483/Document/1631715/1631715.htm>
- 交通运输部. (2019). 《关于公布第二批城市绿色货运配送示范工程创建城市的通知》，详见：  
[http://xxgk.mot.gov.cn/jigou/ysfws/201912/t20191223\\_3311939.html](http://xxgk.mot.gov.cn/jigou/ysfws/201912/t20191223_3311939.html)
- 国家能源局. (2012). 《天然气公交车渐成气候 城市公交迈入“加气时代”》，详见：  
[http://www.nea.gov.cn/2012-12/26/c\\_132063343.htm](http://www.nea.gov.cn/2012-12/26/c_132063343.htm)
- 国家能源局. (2015). 《生物柴油产业发展政策》，详见：[http://www.gov.cn/xinwen/2015-01/28/content\\_2811080.htm](http://www.gov.cn/xinwen/2015-01/28/content_2811080.htm)
- 全国人民代表大会. (2018). 《大气污染防治法》，详见：<http://www.npc.gov.cn/npc/sjxflfg/201906/daae57a178344d39985dcfc563cd4b9b.shtml>
- 国家发展与改革委员会. (2016). 《天然气发展“十三五”规划》，详见：<http://www.gov.cn/xinwen/2017-01/19/5161260/files/ce9a75c963c84da2aeccca279a757fef.pdf>
- Posada, F., & Bandivadekar, A. (2015). *Global overview of on-board diagnostic (OBD) systems for heavy-duty vehicles*. 国际清洁交通委员会, 详见：<https://theicct.org/publications/global-overview-board-diagnostic-obd-systems-heavy-duty-vehicles>
- 国家环境保护总局. (1999). 《机动车排放污染防治技术政策》，详见：[http://www.mee.gov.cn/gkml/zj/wj/200910/t20091022\\_171924.htm](http://www.mee.gov.cn/gkml/zj/wj/200910/t20091022_171924.htm)
- 山东省环境保护厅 (2018a). 《行政处罚决定书》(德州德工机械有限公司)，详见：  
[http://sthj.shandong.gov.cn/hjjc/xzcf/201804/t20180413\\_1260652.html](http://sthj.shandong.gov.cn/hjjc/xzcf/201804/t20180413_1260652.html)
- 山东省环境保护厅 (2018b). 《行政处罚决定书》(青岛奥维俊杉贸易有限公司)，详见：  
[http://sthj.shandong.gov.cn/hjjc/xzcf/201804/t20180402\\_1244906.html](http://sthj.shandong.gov.cn/hjjc/xzcf/201804/t20180402_1244906.html)
- 深圳市市场监督管理局 (2017). 《在用柴油车及非道路移动机械改造治理安装颗粒捕集器技术规范》，详见：<http://meeb.sz.gov.cn/hdjl/myzj/myzj/201709/P020170928549763489867.pdf>

- 深圳市人居环境委. (2018). 《深圳市大气环境质量提升补贴办法 (2018-2020年) 》, 详见: <http://meeb.sz.gov.cn/xxgk/qt/hbyw/dqzlg/201809/P020181011374903119629.pdf>
- 深圳市交通运输局. (2018). 《深圳推广纯电动公交车16359辆》, 详见: [http://jtys.sz.gov.cn/zwgk/jttx/gzdt/content/post\\_4317315.html](http://jtys.sz.gov.cn/zwgk/jttx/gzdt/content/post_4317315.html)
- 深圳市人民政府. (2018a). 《深圳市人民政府关于划定禁止使用高排放非道路移动机械区域的通告》, 详见: [http://meeb.sz.gov.cn/xxgk/zcfg/zcfg/hblgfwj/content/post\\_2016189.html](http://meeb.sz.gov.cn/xxgk/zcfg/zcfg/hblgfwj/content/post_2016189.html)
- 深圳市人民政府. (2018b). 《2019年“深圳蓝”可持续行动计划》, 详见: <http://www.lg.gov.cn/attachment/0/208/208764/1673964.pdf>
- 智慧货运中心 (2017). *Green freight programs worldwide*. 详见: <https://www.smartfreightcentre.org/pdf/Green-Freight-Programs-Worldwide-SFC-Final-May2017.pdf>
- 国家市场监督管理总局. (2015). 《产品质量监督抽查实施规范: 车用汽油》, 详见: <http://www.samr.gov.cn/zljds/zcfg/gfwj/201602/P020190527317882281454.pdf>
- 国家市场监督管理总局 & 生态环境部. (2021). 《机动车排放召回管理规定》, 详见: [http://gkml.samr.gov.cn/nsig/fgs/202105/t20210520\\_329719.html](http://gkml.samr.gov.cn/nsig/fgs/202105/t20210520_329719.html)
- 国家市场监督管理总局 & 国家标准管理委员会. (2018). 《关于废止《普通柴油》强制性国家标准的公告》, 详见: <http://std.sacinfo.org.cn/gnoc/queryInfo?id=4DCF75809716B84B4FACB9128E4C51B7>
- 天津市交通运输委员会 (2017). 《关于天津市国III中型重型柴油货车加装颗粒物捕集器 (DPF) 的通告》, 详见: [http://jtys.tj.gov.cn/ZWXX2900/TZGG2982/202007/t20200721\\_3018050.html](http://jtys.tj.gov.cn/ZWXX2900/TZGG2982/202007/t20200721_3018050.html)
- 全晓波. (2018年8月15日). 《我国生物柴油推广发力产量下滑》, *中国能源报*, 详见: <https://huanbao.bjx.com.cn/news/20180815/920951.shtml>
- 联合国环境署 (2019). *A review of 20 years' air pollution control in Beijing*. 详见: <http://sthjj.beijing.gov.cn/bjhrb/resource/cms/2019/04/2019041916301550241.pdf>
- 机动车排污监控中心 (2017a). 《汽车污染物排放限值及测量方法 (遥感检测法) 》编制说明, 详见: <http://www.pharmnet.com.cn/image/upload/files/20170306101248.pdf>
- 机动车排污监控中心 (2017b). 《在用柴油车及非道路移动机械改造治理安装颗粒物捕集器技术规范》编制说明, 详见: <http://meeb.sz.gov.cn/hdjl/myzj/myzj/201709/P020170928549764062794.pdf>
- 机动车排污监控中心. (2020). 内部数据库: 国家机动车环保信息系统
- 机动车排污监控中心. (2021). 内部报告: 2017-2020年I/M检验结果
- Wu, Y., Zhang, S. J., Li, M. L., Ge, Y. S., Shu, J. W., Zhou, Y., ... Hao, J. M. (2012). The challenge to NO<sub>x</sub> emission control for heavy-duty diesel vehicles in China, 12(19), 9365-9379. 详见: <https://doi.org/10.5194/acp-12-9365-2012>
- Yang, Z.,等 (2015). *Review of Beijing's comprehensive motor vehicle emission control programs*. 国际清洁交通委员会, 详见: <https://theicct.org/publications/review-beijings-comprehensive-motor-vehicle-emission-control-programs>
- Yue, X., Wu, Y., Hao, J., Pang, Y., Ma, Y., Li, Y., ... Bao, X. (2015). Fuel quality management versus vehicle emission control in China, status quo and future perspectives. *Energy Policy*, 79, 87-98. 详见: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.01.009>
- Zhang, S., Wu, Y., Hu, J., Huang, R., Zhou, Y., Bao, X., ... Hao, J. (2014). Can Euro V heavy-duty diesel engines, diesel hybrid and alternative fuel technologies mitigate NO<sub>x</sub> emissions? New evidence from on-road tests of buses in China. *Applied Energy*, 132(2), 118-126. 详见: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.07.008>
- 吴啸浪 (2018年8月25日). 《海南省出台新政淘汰老旧柴油车》, *海南日报*, 详见: [http://www.gov.cn/xinwen/2018-08/25/content\\_5316493.htm](http://www.gov.cn/xinwen/2018-08/25/content_5316493.htm)











[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