

美国环境保护局/美国高速公路安全管理局 中重型发动机/车辆温室气体排放及燃油能效标准概要 概况

2011年8月9日，美国环境保护局（以下简称“EPA”）和美国高速公路安全管理局（以下简称“NHTSA”）共同宣布减少中、重型车辆温室气体排放和提高燃油能效的最终管理方案，此类管理方案在世界尚属首例。¹尽管此前日本在2005年时已经成功的发布了世界上第一个中、重型车燃油经济性管理方案并计划在2015年实施，但此次美国设计的管理规定增加了以下几项重要的内容：（1）全面提升重型车中油耗最高的两类车（牵引车挂车及皮卡/面包车）的能效；（2）针对发动机和车辆分别制订不同的标准；（3）除了设定油耗限值外，针对四种主要的温室气体设定标准。

EPA和NHTSA根据自身的权限合作制订管理规定：EPA以《清洁空气法》为依据设定温室气体排放标准，而NHTSA则根据《能源独立与安全法》来设定燃油能效标准。此处，EPA所管理的排放物包括二氧化碳、甲烷、氧化亚氮和氢氟烃。EPA的标准从2014车型年开始实施，而NHTSA的管理方案则从2014年开始两年的自愿达标期，到2016车型年开始强制性实施。EPA和NHTSA方案之所以有不同的实施时间表是因为《能源独立与安全法》要求NHTSA在最终方案公布后到方案实施之间有4年的前置时间。作为EPA方案法理依据的《清洁空气法》并没有前置时间的要求。

整体上，根据不同的管理幅度，相对于2010车型年的基准油耗水平，到2017车型年可实现降低油耗6%至23%。针对不同的车型，依据车辆的重量等级和车辆属性，标准的严格程度也都有所不同。此项管理方案共包括三个独立的管理方案设计 and 一项专门为牵引车卡车和作业车辆所使用的重型发动机制订的管理规定。

EPA和NHTSA（以下称为“管理部门”）对实施管理的成本和收益进行了评估，单车计算数据见表1。除了增加的资金成本和整个使用寿命周期内节约的资金之外，回本周期——即通过节油来收回前期所投入的额外成本的时间周期，也是管理部门在设定每个子监管类别的标准的严格程度时所考类的一个重要因素。拿牵引车卡车来说，由于行驶里程数高，根据估算，基本上车主一年之内就可以回本。而重型皮卡和面包车的回本周期会比较长，因为这类车的平均年行驶里程数要小得多，节油回本周期会比较长。对于这类车，官方估算的回本周期大约为5年。而就作业车辆而言，这里估算每年可通过节油节省约700美元，比预测的前期增加成本378美元要多，也就是说回本周期不到一年。

ICCT Policy Updates
summarize regulatory
and other developments
related to clean
transportation worldwide.

The International Council on
Clean Transportation

www.theicct.org

info@theicct.org

¹ 美国EPA和NHTSA (2011) 中重型发动机和车辆温室气体排放标准及燃油能效标准。(http://www.epa.gov/otaq/climate/documents/ghg-hd-rule.pdf).

表1 车辆成本增加和燃油节约收益评估（2018车型年）

车辆类型	每辆车需增加的成本 (2018车型年, 以2009年美金计算)	全生命周期节约资金 (3% 折扣率)	参考正式发布前的 法案管理文件 ¹
牵引车卡车	\$6,215	\$79,089	表VIII-11
重型皮卡和面包车	\$1,048	\$7,187	表 VIII-9
作业车辆	\$378	\$5,872	表 VIII-10

根据两局的估算，实施此项管理，将从2014车型年开始对车辆产生影响，从2014年到2018年销售的所有车辆的使用寿命周期内共计可减少约2.5亿吨温室气体以及节油约5亿桶。应用了现行研究对气候变化、能源安全和空气污染的外部效应估计，管理部门预计这方案可以得到总价值490亿美元的社会收益，相对于前期企业需承担的约77亿美元成本，净收益410亿美元。² 此处的计算是基于美国国家科学院进行的一项国会指令调研和国际清洁交通委员会³（以下简称ICCT）做的一些前期

² 应用了3%的折扣率

³ 与Northeast States Center for a Clean Air Future (NESCCAF)、西南研究院、TIAx和LLC等机构共同合作，ICCT于2009年10月发布了《降低重型长途卡车的油耗和二氧化碳排放》报告。ICCT支持的研究活动还包括重型车队和行业特点的分析、燃油经济性与实际操作工况的模拟和燃油效率指标评价分析。见参考资料第3-5份报告。

研究工作。下表提供了各类中、重型车的相关统计数据。

牵引车卡车（等级7和8）。牵引车卡车是特定用于长途货运的车辆。这类车的燃油消耗和温室气体排放占重型车领域的60%以上，因此也是此次管理的首要对象。牵引车卡车共有九个单独的标准：三类车（等级7、等级8日间卡车和等级8卧铺卡车）以及按车顶高度分的三类车型（低、中、高）的组合。生产企业必须使用最新开发的名为温室气体排放模型（GEM）的计算机模型对牵引车进行认证。以牵引车为例，要在模型中输入空气动力、车轮滚动阻力、质量减轻量和长期怠速减少量

表2 美国国家科学院研究结果——车辆保有量、燃油使用量和里程数

车辆尺寸	GVWR (磅)*	保有量 (百万)	年行驶里程 (百万英里)	年燃油使用量 (百万加仑)	保有量百分比	年行驶里程百分比	燃油使用量百分比
等级 2B	8,501-10,000	5.800	76,700	5,500	52.8%	35.1%	19.3%
等级3	10,001-14,000	0.691	9,744	928	6.3%	4.5%	3.3%
等级 4	14,001-16,000	0.291	4,493	529	2.6%	2.1%	1.9%
等级 5	16,001-19,500	0.166	1,939	245	1.5%	0.9%	0.9%
等级 6	19,501-26,000	1.710	21,662	3,095	15.6%	9.9%	10.9%
等级 7	26,001-33,000	0.180	5,521	863	1.6%	2.5%	3.0%
等级 8	> 33,000	2.154	98,522	17,284	19.6%	45.1%	60.8%
共计		10.992	218,580	28,444	100%	100%	100%

*GVWR: 车辆总重量评级，包括燃料，旅客和货物。

数据。另外，正如前文所述，还有单独的发动机标准。用于组合式卡车的挂车此次没有被纳入管理范畴，今后可能会出台专门的管理措施。

商用皮卡和面包车（等级2B和3）。这类重型皮卡和面包车所占的燃油消耗量和温室气体排放约为20%，仅次于牵引车卡车排在第二位。这类车会在底盘测功机上进行检测，通过最新开发的反映车辆使用情况（例如，运送能力、负荷、四驱性能）的“工作因子”，制定严格程度不同的标准要求。这一部分管理规定可以被视为是轻型乘用车温室气体和平均油耗（CAFÉ）管理方案的延伸。它可以说是这一多元化管理方案中最简单的一项管理措施。

作业车（等级2B-8）。这类车种类繁多，包含了所有余下的中、重型车辆。这些车合起来占据了这一领域剩下的20%燃料消耗量。主要用于市区快递的等级6厢式卡车，是这类车里耗油量最大的个体车型，约占这类车总数的一半或者说是所有中、重型车油耗量的10%。这类车种类繁多（翻斗卡车、垃圾车、巴士等），运营线路和工作负荷也各不相同，给这类车的管理带来很大挑战。和牵引车的管理方案类似，针对这一组车辆也专门制订了单独的发动机标准。生产企业将通过向GEM模型软件中输入轮胎滚动阻力测试数据来对作业车辆进行认证。

重型发动机。发动机的温室气体和燃油能效标准检测实验将和常规污染物检测实验同步进行，采用的也是现有的流程和实验工况。从实质上讲，就是必须多测

表 3: 管理涵盖的车辆和发动机类别总结

管理类别	车辆等级	质量 (GVWR) +	特定车辆	管理对象	要求 (公制)
牵引卡车和发动机	等级 7 和 等级8 牵引车	<ul style="list-style-type: none"> • 26,001 – 33,000 磅 (11.8 – 15 吨) • 33,001磅及以上 (15吨及以上) 	<ul style="list-style-type: none"> • 牵引车卡车 	<ul style="list-style-type: none"> • 牵引车生产企业 • 发动机生产企业 	<ul style="list-style-type: none"> • 整车温室气体和燃油消耗标准 (克 CO₂/吨-英里, 加仑/1,000 吨-英里) • 发动机标准 (克 CO₂/制动马力-小时, 加仑/100制动马力-小时)
重型皮卡和面包车	特定的等级2B和等级3车辆	8,501 – 14,000磅 (3.9 – 6.4公吨)	<ul style="list-style-type: none"> • 全尺寸皮卡 • 多用途面包车 • 集装箱货车 	车辆生产企业	整车温室气体和燃油消耗标准(克 CO ₂ /英里, 加仑/100 英里)
作业车辆和发动机	<ul style="list-style-type: none"> • 轻重型(等级 2B 至5) • 中重型(等级 6 和7) • 重重型(等级8) 	<ul style="list-style-type: none"> • 8,501 – 19,500 磅 • (3.9 – 8.8 公吨) • 19,501 – 33,000 磅 (8.8 – 15 公吨) • 33,001 磅及以上 (> 15 公吨) 	<ul style="list-style-type: none"> • 城市邮车 • 翻斗卡车 • 饮品车 • 大型邮递车 • 公交车 • 校车 • 垃圾车 • 水泥罐车 	<ul style="list-style-type: none"> • 底盘生产企业 • 发动机生产企业 	<ul style="list-style-type: none"> • 整车温室气体和燃油消耗标准(克 CO₂/吨-英里, 加仑/1,000 吨-英里) • 发动机标准 (克 CO₂/制动马力-小时, 加仑/100制动马力-小时)

+ 吨=公吨= 1,000公斤=2,204.6磅

U.S. emissions and efficiency standards for heavy-duty vehicles

量和报告三种污染物：二氧化碳、甲烷和氧化亚氮。具体哪些发动机必须经过实际检测，也同样是采用目前污染物检测实验的选定流程来进行选定。根据发动机被最终使用的车辆等级，发动机将被分为轻重型（等级2B-5）、中重型（等级6和7）和重重型（等级8

）。在上述的达标分类当中，生产企业所提供的所有发动机都会根据特定的标准，将排放特性类似的发动机分入同一个发动机系族。生产企业必须从每个系族中选出至少一台发动机来进行测试，选择流程应遵照《联邦管理法规》CFR40第86部分中的规定。

表4：从管理草案到最终规例的主要变化

	管理范围	草案	最终管理法规
管理子类别	等级 7 和 8 牵引车	7个独特的管理子类别，假设没有中顶日用驾驶室的配置组合	9个独特的管理子类别。对于日用驾驶室的牵引车，分别有低和中顶的牵引车标准
严格度*	等级7 低顶牵引车	8.2%	10.3%
	等级7 中顶牵引车	8.2%	10.2%
	等级7 高顶牵引车	10.9%	13.0%
	等级8 低顶日用驾驶室牵引车	7.2%	9.1%
	等级8 中顶日用驾驶室牵引车	7.2%	9.5%
	等级8 高顶日用驾驶室牵引车	9.6%	13.6%
	等级8 低顶卧铺驾驶室牵引车	14.9%	17.5%
	等级8 中顶卧铺驾驶室 牵引车	15.0%	18.0%
	等级8 高顶卧铺驾驶室 牵引车	19.5%	23.4%
	等级2B - 5作业车	9.9%	8.6%
	等级6 和 7作业车	10.1%	8.9%
	等级8 作业车	7.0%	5.9%
温室气体排放模型 (GEM)	等级7和8牵引车和等级2B - 5 的作业车	1.0 版	2.0 版包括一个新的驱动程序模型，一个简化的电动系统模型，以及更好地描述“2017车型年发动机标准”的修订后发动机燃油地图 (engine fuel map)
空气阻力的评估	等级7和8 牵引车	厂商根据三种测试方法之一确定阻力系数 (Cd)。此Cd值作为GEM 模型的直接输入值。	基于滑行测试测定的 Cd* 迎风面积将牵引车分配到一个级别。每个级别有一个预定 Cd值用GEM 模型的输入值。
灵活型条款	等级7 和 8牵引车, 等级2B - 5 作业车和轻重型, 中重型, 和重重型发动机	只容许在同一子类别内平均、储存或交易信用额	容许同一重量级别内的牵引车和作业车进行平均、储存或交易。这些重量级别定义为轻重型车 (等级2B-5), 中重型车 (等级6和7) 和重重型车 (等级8)。同时容许同一重量级别内的牵引车发动机与作业车发动机之间进行平均、储存或交易。

* 百分比为2010基准车型年与2017车型年的差别。

表3提供了此最终管理方案所涵盖的车辆和发动机类别的具体信息。针对每个类别，表中还说明了标准责任的承担对象。表4总结了在2010年10月发表的管理草案与这最终管理方案的主要分别。

下面的章节将更加详细的介绍这三项管理方案。在本文的最后，还安排了一个章节讨论计算先进技术如混合动力车的节能和减排效益的一些备选方案。

等级7和等级8牵引车卡车

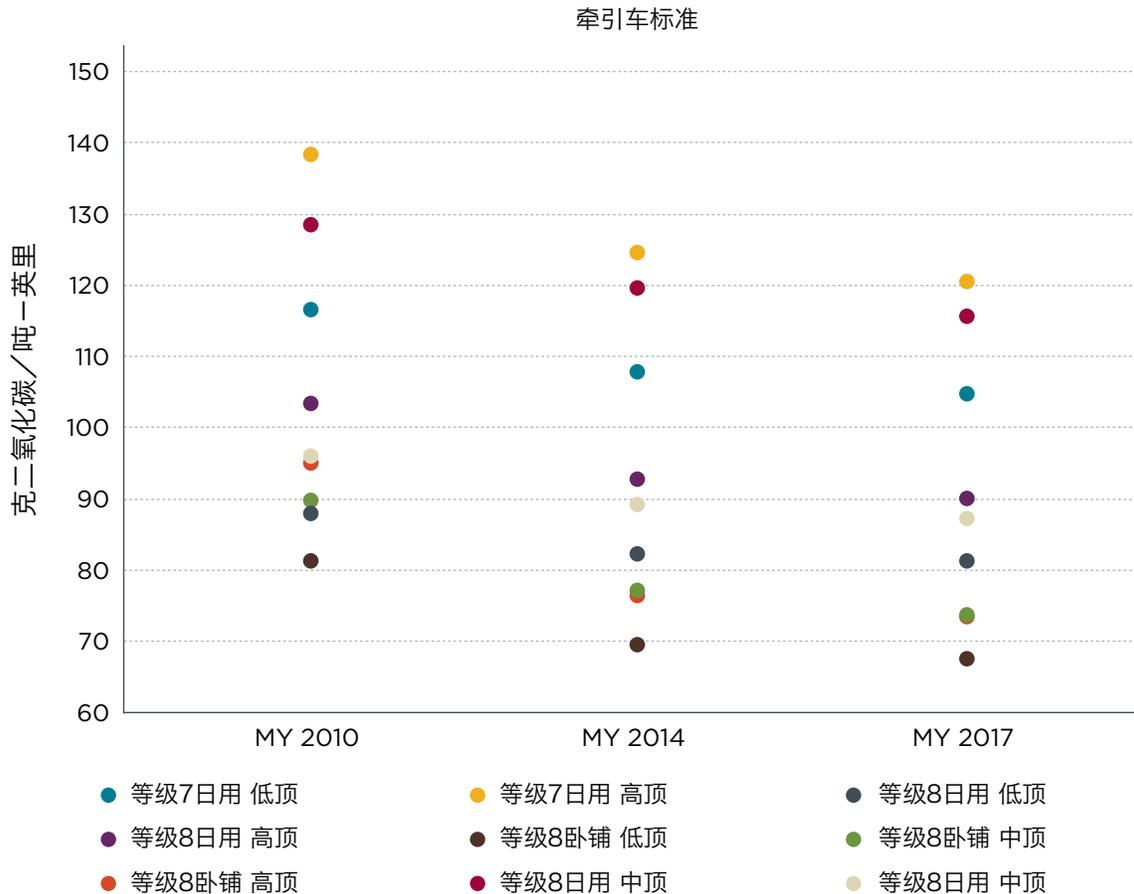
EPA和NHTSA制定的最终方案针对等级7和等级8牵引车卡车分别设置车辆标准和发动机标准。发动机生产企业将被归入发动机管理的范围，而对车辆生产企业则要求他们在牵引车上安装经过认证的发动机。另

外，管理部门还要求牵引车生产企业通过一款最新开发的模拟模型来评估空气动力特征和轮胎滚动阻力等设计因素，从而对牵引车进行达标认证。

A. 整车标准

关于牵引车管理中的整车管理部分，管理方案中以三方面的尺寸特征为基准分了九个子类别：按车辆总重量评级（GVWR）分类、按车辆配置（日用车或卧铺车）分类以及按车顶高度（低、中或高）分类。EPA的标准从2014车型年开始对所有子类别的车辆实施，而NHTSA的强制性管理则从2016车型年开始，在此之前有两年的自愿达标期。EPA和NHTSA设计的公制单位分别是每吨-英里二氧化碳排放克数和每1000吨-英里消耗的燃油加仑数，此处吨-英里的定义是一吨货物运输一英里。EPA和NHTSA在管理方案中采用的标准也是相同的，都是

图1 牵引车二氧化碳排放标准方案（制图数据来源于管理方案正式发布前文件的表II-1和III-2⁴）



4 美国EPA和NHTSA (2010) 中重型发动机和车辆温室气体排放标准及燃油能效标准。(http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/FR-2010-11-30/pdf/2010-28120.pdf).

U.S. emissions and efficiency standards for heavy-duty vehicles

基于每加仑柴油燃料排放10,180克二氧化碳的排放因子。不过，正如我们后面会提到的，EPA在发动机限值中加入氧化亚氮和甲烷，同时也制定了空调系统制冷剂排放的限值标准。图1中展示了EPA对所有车辆子类别的排放要求。需要注意的是，图1中目前只有7条限值线，这是因为EPA和NHTSA没有发现中顶棚日用牵引车，但是如果真出现此类车型，可归入低顶棚的范畴。这里选择了2010车型年牵引车的平均水平作为基线值，根据牵引车的子类别不同，到2014车型年可获得幅度7%-20%的减排效果。到2017车型年标准再会加严，这样一来相对于2010车型年的基准值，可实现幅度9%-23%的减排。而到2017年实施更加严格的标准完全是出于对发动机改进的预期。

B. 技术评估

美国政府对于管理严格程度的设置是以目前可应用的技术为基础的，包括空气动力学设计方面的改进，采用滚动阻力较小的轮胎，减轻车重和减少长时间怠速的技术。另外，在制订发动机标准时，管理者则考虑了减小滚动阻力，后处理优化和涡轮复合等方面。

在牵引车市场上，空气动力学结构和外观的形式多样，因此管理者决定进行技术分级，对应已有的和

即将上市的各种牵引车。对高顶牵引车的空气动力学技术的分级详见表5。

表5右边一栏给出了各级牵引车2010车型年大致的市场占有率情况。在对实施管理进行技术水平评估时，管理者假设的前提是有一大部分出售的牵引车会从一级和二级发展至三级和四级。关于各个子类别的牵引车在技术更新方面的情况假设详见表6。

除了空气动力学方面的改进之外，管理部门将使用低滚动阻力轮胎、减轻车重和减少长时间怠速也纳入了牵引车市场的技术改进范畴。也和空气动力学一样，管理部门也对轮胎进行了分级，只不过不是分了五个级别而是三个级别。这三个等级是“基准型”、一级和二级，对于这些技术更新情况的假设详见表5。在牵引车质量的问题上，管理部门认为，平均来说，以较轻的物料来代替重物（如铝来替代钢质车轮）并采用单胎替代双胎，能够减轻400磅的车身重量。最后，还有一些现有的技术，如在卧铺车上采用辅助动力来支持住宿睡眠时间的负荷，从而减少主发动机长时间怠速的状态。如表5所示，此处假设这项技术100%的应用于等级8的卧铺车（目前的使用率约为30%）。

表 5: 牵引车空气动力学分级和大致市场份额基数（2010车型年）

（参见正式发布前管理文件II.B.(3)(c)和III.A.(1) (a)节）

分级名称	描述	新车基准数量(%市场份额)
一级	<ul style="list-style-type: none"> 几乎没有空气动力学外形特征 特定的外形特征影响了气动力学性能（昆虫挡板，置于B柱的排气管，等） 	25%
二级	<ul style="list-style-type: none"> 常规的空气动力学形状 没有“古典型”车身上那些影响空气动力学性能的外形特征 	70%
三级	<ul style="list-style-type: none"> 具有全包围顶部导流罩、车身侧面缝隙减小、油箱导流罩和流线型结构（构架、顶棚、反光镜、保险杠）等特别设计的空气动力学外部特征。 	5%
四级	<ul style="list-style-type: none"> 具有额外的空气动力学外形特征，如车底空气流动处理、降低乘车高度等。 	0%
五级	<ul style="list-style-type: none"> 尚处于原型开发阶段的外形特征，如高级缝隙减小技术、采用后置摄像头来代替反光镜以及更加先进的车身设计等。 	0%

表 6: 等级7和等级8牵引车技术更新百分比预期

(制表数据来源于正式发布前管理文件III.A.(2)(a)(iv)节表III-4)

	等级 7		等级 8				
	日用车		日用车		卧铺车		
	低/中顶	高顶	低/中顶	高顶	低顶	中顶	高顶
空气动力学 (Cd)							
一级	0%	0%	0%	0%	0%	10%	0%
二级	40%	30%	40%	30%	30%	20%	10%
三级	50%	60%	50%	60%	60%	60%	70%
四级	10%	10%	10%	10%	10%	10%	20%
五级	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
转向轮胎 (铝 千克/公吨)							
基准型	40%	30%	40%	30%	30%	30%	10%
一级	50%	60%	50%	60%	60%	60%	70%
二级	10%	10%	10%	10%	10%	10%	20%
行驶轮胎 (铝 千克/公吨)							
基准型	40%	30%	40%	30%	30%	30%	10%
一级	50%	60%	50%	60%	60%	60%	70%
二级	10%	10%	10%	10%	10%	10%	20%
质量减轻 (磅)							
减少400磅质量	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
减少长时间怠速 (克CO2吨-英里 减少量)							
发动机自动关机	N/A	N/A	N/A	N/A	100%	100%	100%
车速限制装置							
车速限制装置	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

C. 发动机标准

针对牵引车（和作业车辆）发动机的管理标准是为了迎合EPA的污染物排放管理。发动机温室气体标准和燃油能效标准的达标检测实验是和氮氧化物、颗粒物、一氧化碳及碳氢化合物等常规污染物的检

测实验同时进行的，使用的也是相同的实验流程和测试工况。也就是说，发动机企业认证时必须额外测量和报告二氧化碳、甲烷和氧化亚氮三种污染物的排放情况。

U.S. emissions and efficiency standards for heavy-duty vehicles

适用于等级6和等级7车辆的牵引车发动机属于中重型发动机，适用于等级8车辆的牵引车发动机属于重重型发动机。在每个组别中，生产企业提供的所有发动机将被依照特定的标准进行分类，将排放特征类似的发动机分到同一个发动机系族。生产企业必须从每个系族中选择至少一台发动机进行检测实验，选择过程需要依照《联邦管理法规》CFR40第86部分中的相关规定进行。其中，要装配在牵引车上使用的中重型和重重型发动机还必须在稳态SET测试工况下满足相应的标准要求⁵。

EPA的发动机二氧化碳排放标准（克/制动马力-小时）计划从2014车型年开始实施，NHTSA的油耗标准（加仑/制动马力-小时）则是从2014车型年开始自愿性实施，到2017车型年才强制性实施。就2014车型年实施的标准而言，此处提出的发动机技术改进包括减少发动机摩擦、改进后处理装置、改善燃烧过程以及降低废气再循环（EGR）温度等。

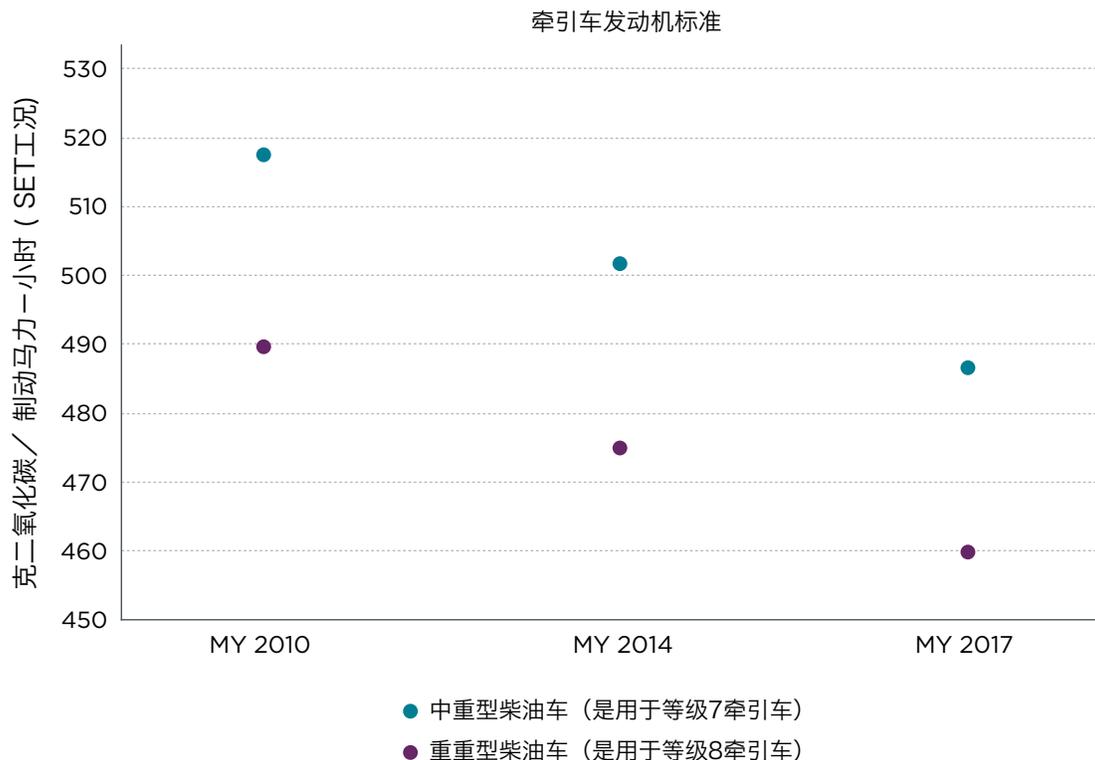
⁵ SET测试工况是一系列13个稳态的工况负载点。在SET工况下，每个负载点的平均排放都会单独报告，然后根据设定好的权重系数来计算出整体的平均排放情况

到2017车型年，与2014车型年相比，预期的技术改进增加了复合涡轮技术。在此需要特别注意的是，图1所示的2017车型年实施的更加严格的牵引车标准，恰恰反映出了对2017年实施更加严格的发动机二氧化碳减排标准的需求。因为正如前面提到过的，2017车型年的牵引车标准只预期了发动机技术的改进，并没有预期车辆技术的改进。图2展示了以2010车型年为基准，中重型和重重型发动机的2014和2017车型年排放标准设定。

除了二氧化碳标准以外，EPA最后确定对氧化亚氮和甲烷设定的限值为0.10克/制动马力-小时。氧化亚氮和甲烷的排放要在复合FTP重型发动机测试工况下量度，并包括0.02克/制动马力-小时的特定的劣化系数。管理部门指出因为发动机在FTP测试工况下形成氧化亚氮和甲烷的机会比在SET测试工况下高，故此选择以FTP测试工况来量度这两类污染物。

到目前为止，燃料天然气和液化石油气的发动机主要用于作业车，也有少量重型卡车和面包车使用这

图2 牵引车发动机二氧化碳排放标准（制图数据来源于正式公布前管理文件II B (1)(b)节表II-2



些替代燃料。替代燃料发动机的规定将会在如下第c部分的作业车辆章节讨论。管理替代燃料牵引车发动机的规则与管理替代燃料作业车发动机的相同，除了牵引车发动机的认证是使用SET工况而不是FTP工况。

拖拉机发动机标准的灵活机制

管理部门制定了两个针对发动机标准的灵活性条款。第一项规定的建立是回应制造商的诉求。它们认为应该将原定在2013年和2016年实施的重型车车载诊断（OBD）的要求改为与燃油效率和温室气体排放的新规定在同一时间实施。为免拖延OBD的要求至2014车型年和2017车型年，管理部门制定了另一套标准要求，制造商选择使用符合这法规原有的标准或这套可选标准。两种达标途径如下表7。

管理部门提出第二灵活性条款的原因是并非所有的厂商都选择采用SCR技术的排放控制系统。但是在制定标准严格程度时，管理部门假设SCR技术是基线2010车型年发动机的一部分，这让引擎可调整为更高的燃料效率。因为任何不使用SCR技术的发动机一般燃料效率较低，管理部门特地为这些厂家制定了一套替代达标途径。根据这一途径，制造商将有一个单独的、基于2011车型年自身基线排放改善3%的标准。这套替代标准只适用于能 2014车型年至2016车型年，在2017车型年开始，这些厂商将要遵

从与其他厂商同一的标准。2017车型年的重型和中型拖拉机标准分别为460克/马力小时和487克/马力小时。为了防止制造商设置虚高的“2011车型年基线”，管理部门要求这独特的基准值需等同厂商在2011车型年认证和销售的同一个发动机系列所有发动机的平均值。

D. 车辆认证

管理部门开发了一套基于MATLAB/SIMULINK的软件，称为温室气体排放模型（GEM），通过模型来模拟测算整车运行时的油耗和二氧化碳排放量，这个模型和美国国家科学院的意见是一致的。通过在模型中输入特定的单车资料，可以使用模型来进行车辆二氧化碳和燃油能效标准的达标认证。从概念上来讲，GEM模型和许多研究机构商业企业开发的模型类似，都是通过输入车辆的特性数据（质量、空气动力学和滚动阻力）来描绘车辆的特征，然后由模型计算出车辆在规定的行驶工况下每秒的情况。管理部门对温室气体排放模型的1.0版本（这是在2010年10月发布的法规制定的提案通告）进行了同行评审，并纳入更多的测试数据后，已经发布了模型的2.0版。新版本包括一个新的驱动程序模型，一个简化的电动系统模型，以及更好地描述“2017车型年发动机标准”的修订后发动机燃油地图（engine fuel map）。

表 7: 比较等级7和等级8牵引车发动机主要和可选标准 (制表数据来源于正式发布前管理文件表II-4)

	重重型车牵引车发动机 (克/制动马力-小时)		中重型车牵引车发动机 (克/制动马力-小时)	
	主要标准	可选标准	主要标准	可选标准
基准	490	490	518	518
2013车型年	490	485	518	512
2014车型年	475	485	502	512
2015车型年	475	485	502	512
2016车型年	475	460	502	487
2017车型年	460	460	487	487

U.S. emissions and efficiency standards for heavy-duty vehicles

对于牵引车而言，生产企业需要在模型中输入以下五项数据：1) 阻力系数(C_d)、2) 转向轮胎和行驶轮胎的滚动阻力（千克/公吨）、3) 质量减轻量、4) 减少长时间怠速的技术、5) 车速限制装置。

牵引车生产企业可选择通过滑行法（根据 SAE J2263⁶修订程序，则法规所指的改良“滑程序”）、风洞实验或计算机流体动力学模型（CFD）来测定空气阻力系数。不过，由于对公平和一致性的考类，管理部门选定滑行测试为基准测试方法。因此，所有以风洞实验或CFD测定得出的风阻系数(C_d)结果对需要与基准测试方法得出的结果保持一致。任何其他空气阻力测定方法都要以基准车辆评估与改良“滑程序”测试得出结果的相关关系。当厂商在测试后得出 C_dA 后，便可将牵引车按表8所

列的值（如果试低顶或中顶牵引车，则用表 9）分配到一个级别数，其相应的在表8/9下半部的 C_d 值便是的GEM实际输入值。

至于滚动阻力，生产企业需要依照ISO28580规定的测试方法进行实验，测定滚动阻力值。这实验是用来测定转向和驾驶轴轮胎的滚动阻力系数（以每公吨千克计算的 C_{dd} ）。另外，牵引车生产企业还可以向GEM模型上传其它三项车辆特征参数来修正油耗和排放计算结果：

- 车速限制装置-如果最高时速限制在65英里/小时以下，会使用另外一种替代型工况来反映这种最高时速较低的情况。
- 质量减轻量-如果生产企业采用的是单胎宽度的轮胎或铝制轮毂，或其他零部件以铝和高强度钢替代原有用料，那么减轻的这部分车重就可以加入净负荷重量，用于油耗和二氧化碳排放

⁶ 如想得到更多有关汽车工程师学会 (SAE) 1263测试程序或为本规则制定所作的修改，请参阅规管影响分析第3.2.2.1节。在测试过程中最显着的修改是，中、低顶牵引车测试时只配置短尾（即没有挂车）

表 8: 高顶牵引车GEM空气阻力输入值设定（制表数据来源于正式发布前管理文件表II-7）

	等级 7		等级 8	
	日间驾驶室		日间驾驶室	卧铺驾驶室
	高顶		高顶	高顶
空气阻力测试结果 (平方米 C_dA)				
一级	≥ 8.0		≥ 8.0	≥ 7.6
二级	7.1 - 7.9		7.1 - 7.9	6.7 - 7.5
三级	6.2 - 7.0		6.2 - 7.0	5.8 - 6.6
四级	5.6 - 6.1		5.6 - 6.1	5.2 - 5.7
五级	≤ 5.5		≤ 5.5	≤ 5.1
空气阻力GEM输入值 (C_d)				
一级	0.79		0.79	0.75
二级	0.72		0.72	0.68
三级	0.63		0.63	0.60
四级	0.56		0.56	0.52
五级	0.51		0.51	0.47

表 9: 低和中顶牵引车GEM空气阻力输入值设定 (制表数据来源于正式发布前管理文件表II-8)

	等级 7		等级 8			
	日间驾驶室		日间驾驶室		卧铺驾驶室	
	低顶	中顶	低顶	中顶	低顶	中顶
空气阻力测试结果 (平方米 C_dA)						
一级	≥ 5.1	≥ 5.6	≥ 5.1	≥ 5.6	≥ 5.1	≥ 5.6
二级	≤ 5.0	≤ 5.5	≤ 5.0	≤ 5.5	≤ 5.0	≤ 5.5
空气阻力GEM输入值 (C_d)						
一级	0.77	0.87	0.77	0.87	0.77	0.87
二级	0.71	0.82	0.71	0.82	0.71	0.82

量的计算。基于替代材料所定的减轻质量默认值的完整列表可在正式发布前管理文件表II- 9 找到。

- 减少长时间怠速的技术 (仅限等级8卧铺车) - 如果采用了此类技术, GEM模型会减少此类卡车5克/吨-英里的二氧化碳排放量。对于低顶、中顶和高顶卧铺车来说, 它们在模型中的基准排放量分别是80、89和94克/吨-英里, 这5克/吨-英里的减排量分别相当于它们基准排放总量的6.3%、5.6 %和5.3%。

至于在GEM中进行的达标测试, 管理部门会采用三种行驶工况: 1) 加州空气资源委员会 (CARB) 瞬态工况, 2) 每小时65英里的行驶工况, 3) 每小时55英里的行驶工况。针对不同的车型 (卧铺车或

表 10: 牵引车行驶工况权重系数

(制图数据来源于正式发布前管理文件表II-10)

	日用车	卧铺车
瞬态	19%	5%
55 英里/小时行驶	17%	9%
65 英里/小时行驶	64%	86%

日用车), 会权重上述三种工况来模拟实际行驶情况。牵引车的权重系数见表10。

EPA和NHTSA决定以吨-英里为基础制定车辆标准, 并且, 在GEM模型中进行模拟时, 会设计让牵引车装备标准的53英尺挂车并设定固定的负载量。管理部门将等级7和等级8牵引车的固定负载量分别设定为25,000磅和38,000磅。这种负载量水平代表了一个装载较重的挂车, 但并不是车辆的最大额定总质量, 因为大多数挂车空间有限, 在还没有超重时就已经超过空间限制了。

除了发动机和整车的二氧化碳、氧化亚氮和甲烷排放限值之外, EPA还设置一个单独的标准来减少氢氟烃的泄漏。和轻型车制冷剂泄漏标准体系 (克/年) 不同, EPA设定每年制冷剂泄漏百分比的标准来应对多样化的重型车领域空调设计和装备。EPA决定将备有大于733克制冷能力的等级7和等级8牵引车的年泄漏率标准设置为1.5%。根据估计, 2010车型年车辆的平均泄漏百分比约为2.7%。对于备有小于733克的的制冷剂的能力的车量, EPA将年泄漏量标准设置为每年11克。

E. 达标管理规定

这管理方案中设置了许多具体的规定, 这些都是生产企业在达标过程中必须做到的。这些责任包括提

表 11: 牵引车和牵引车发动机生产企业达标规定汇总

	牵引车重型发动机	等级7和等级8牵引车
达标证明材料	实验发动机的测试结果经过劣化系数调整后确定系族认证限值；该系族中的发动机不得超过这一限值。系族排放限值，即比系族认证限值提高2%，用于进行审查和生产线检测。	如前文所述，使用GEM软件进行达标测试。
耐久性	生产企业必须根据测试结果开发发动机的劣化系数，从而反映出随着后处理装置的老化和发动机磨损，二氧化碳排放的上升情况。	管理部门认为，如果车辆在整个使用寿命周期都保持当初进行认证时的运行条件，那么温室气体排放不会随着使用年数的增加而增长。
在用车	通过车载排放测量系统（PEMS）收集在用车数据，但是没有在用车标准。NTE排放上限目前也不适用于二氧化碳。	车辆在整个寿命周期都必须保持认证时的外观结构状况，空气动力学部件、减少怠速时间的设备、限速装置都必须进行检查。尽管管理部门在模拟计算时是假设一直使用低滚动阻力轮胎的，然而如果销售之初用的是滚动阻力较低的低滚动阻力轮胎，并没有规定要求此后更换的轮胎必须是低滚动阻力的。
标志管理	会使用标准的污染物标志，上面标明认证的外观结构；如果生产企业想参与平均、储存和贸易方案（ABT方案），则必须在标志上注明温室气体的系族认证标准或系族排放限值。标志上还会说明认证发动机适用的车型类别。	排放控制标志上面要列出所有与二氧化碳减排有关的设备，并说明车辆的外形结构（例如，空气导流罩、减少怠速时间的装置系统、车速限制装置等）。
其他认证手续	—	生产企业必须保修除轮胎以外的所有与温室气体减排有关的零部件。
处罚	根据《清洁空气法》206(g)章的规定，EPA有权处罚不达标的大型车/发动机，不过它认为现在似乎不太必要使用这权力，因为管理标准中的包含灵活机制且使用现有技术已能充裕满足标准限值。	

交报告、在用车测试和审核、标志管理、耐久性和保修等要求。具体规定详见表11。

F. 灵活性管理

除非另有规定，下面的灵活机制适用于拖拉机和所有这规定类覆盖的发动机/车辆子类。

平均、储存和贸易（ABT）

发动机的ABT管理方案是基于现有的常规污染物的ABT管理方案，也是按轻重型、中重型和重重型柴油机来分类。重型车汽油机或其它的点燃式发动机

（例如天然气发动机）则有自己单独的管理分类。这处的最终ABT管理方案与传统污染物的ABT管理方案时一致的，则不论发动机最后安装在那类车辆上，若它们是同一重量便可视为同一组系作平均计算。

对于牵引车和作业车，同一重量类—轻型（等级2-5），中型（等级6和7），和重型（等级8）—会视为同一组系作平均计算。故知，生产商可以分别在作业车和牵引车两子类的同一重量组内进行平均、存储和贸易。

牵引车的信用额度或透支额度按照下列公式换算成二氧化碳排放量（吨）或NHTSA管理下的油耗量（加仑）。

$$\text{信用额度 (或透支额度)} = (\text{标准} - [\text{GEM输出结果}]) \times (\text{载重负荷吨数}) \times (\text{产量}) \times (\text{使用寿命周期}) \times (10^{-6})$$

其中

标准 = 某种管理等级的牵引车的既定标准（克/吨-英里）

GEM计算结果 = GEM模型模拟计算的结果（克/吨-英里）

载重负荷吨数 = 等级7牵引车为12.5吨，等级8牵引车为19吨

产量 = 牵引车系族的计划或实际产量

使用寿命周期 = 牵引车的使用寿命周期（等级8为435,000英里，等级7为185,000英里）

在这项管理方案中，需要最终的产量值来确定各个生产企业的达标情况。生产企业必须良好的预测其年产量，然后在生产季结束后，才能计算生产企业的达标信用额度（或透支额度）。和重型发动机ABT管理方案类似，牵引车生产企业将会有三年的周期来调整其在某个车型上的排放额赤字。

平均——就是使用超额达标的信用额度来抵消未达标的亏空——只允许在九个牵引车子类别之间使用。与之相似，生产企业之间也可以交易某个子类别车型的信用额度。发动机和车辆之间不能跨类别交易信用额度。除非是某种特殊的先进技术（详见下文）可以为所有子类别的车型（包括发动机）产生信用额度。无论是发动机生产企业还是牵引车生产企业，管理部门允许的最长信用额度调整周期都是三年。

提前实施额度

生产企业如可证明在标准正式实施之前改良车辆设计超额达标，可以产生信用额度。例如，如果一个

制造商的2013车型年的重型作业车子类别超额达到EPA2014车型年对于相同类别的车辆标准，那么，制造商将获得2013车型年的信用额度，并可自2014年开始将这些信用额度应用与ABT计划。这些提前实施产生的信用额度的价值不会因为它们的生成年份而改变，同时这些信用额度只限于适当的车型类别。信用额度只可以在厂商能认证整个子类别车型的温室气体排放和油耗水平比标准要求低的情况下产生。这条规定有一个例外情况，若牵引车厂商能销售比2012车型年更多的SmartWay认证的2013车型年牵引车，也能获得提前达标信用额度。EPA和NHTSA设定了将提前实施信用额度乘以1.5的系数，来鼓励提前达标。

先进技术额度

朗肯循环（底部循环）的发动机、混合动力、全电动和燃料电池车都能够产生信用额度并且额度可以在所有车辆和发动机类别中使用。和提前实施额度一样，EPA和NHTSA同样设定了先进技术信用额度乘以一个1.5倍的系数。然而，管理部门定了一个先进技术额度上限。这上限为每车型年每平均达标组不多于60,000公吨。本标准第一阶段的严格程度的制定是基于假设这些先进的技术无法在2020年前获得显著的市场份额。

GEM模型工具不适用于混合动力、全电动、燃料电池车的认证，因为它仅包括一个单一的标准传动系统模型。下面混合动力车实验流程部分讨论可以用来量混合动力和先进的汽车的先进技术额度的计算方法。

如全电动或燃料电池汽车的零尾气排放车辆，厂商可以基于当年柴油标准计算其先进技术信用额度。这些车辆是假设零温室气体排放和油耗来计算EPA和NHTSA方案的信用额度。换句话说，此处不考虑上游的燃料和电力流程所产生的排放。

创新科技信用额度

EPA和NHTSA已经制定条款来鼓励厂商采用一些无法以发动机测试工况或GEM模型计算效益的节

能、减排创新科技。管理部门所制订的创新科技信用额制度，让厂商可以得到信用额来反映这些科技的“工况外”效益。

这些科技的信用额度必须反映现实世界中减少了的燃料消耗和/或温室气体排放量，并可以测试方法核查这些效益。厂商可以以下两种途径申请获得信用额度：

- 1) 以基准和控制发动机/车辆根据预先核准的测试程序来评估节能、减排效益，测试程序可包括发动机、动力组、底盘测功机或在道路上的测试，或
- 2) 提交予EPA和NHTSA替代测试方法⁷，测试方法必须在演示项目启动之前由管理部门批准。

与先进技术额度不同，创新科技的信用额只能用于这些技术产生的受监管发动机或车辆的子类别。

温室气体置换

在发动机方案中，如果甲烷和氧化亚氮排放超过标准规定的0.10克/制动马力-小时限值，可以通过减排更多的二氧化碳来抵消。抵消计算采用政府间气候变化专门委员会（IPCC）第四次评估报告中定义的全球变暖潜能值（GWP），其中氧化亚氮的100年GWP值为298，甲烷的100年GWP值为25。相反，这条例不允许厂商超额达到N₂O或CH₄标准后获得替代二氧化碳标准的信用额，因为N₂O和CH₄标准代表排放上限水平，则除了最坏的车辆以外，其他车辆的排放水平应远低于这标准值。唯一例外的，是当发动机厂商能够证明车辆在使用寿命的总N₂O排放可达到非常低的水平—这条例定义为低于0.04g/马力小时。如可达到这水平，N₂O排放低于0.04克/马力小时水平的每0.01克可换作2.98克的二氧化碳信用额。这对换值与政府间气候变化专门委员会定义的N₂O全球变暖潜能值是一致的。这种替换只适用于年2014至2016年。

等级2B和等级3商用皮卡和面包车

和牵引车不同，EPA和NHTSA将使用底盘测功机对等级2B和等级3的车辆进行整车认证，不再对发动机进行单独的管理。想要这样管理主要是因为这类车通常都和它们的等级2车辆的变型很相似，而且这些车质量较轻，可以进行底盘测功机实验。因为等级2、等级2B和等级3车辆十分相似，管理部门制定的对这类车的管理方案设计与管理方案很接近。

A. 整车标准

管理部门为商用皮卡和面包车设定一个车辆平均目标值，通过“工作因子”来综合车辆的负载能力和牵引能力，以磅为单位，四驱车辆则会有一个额外的修正因子。“工作因子”的定义如下：

$$\text{工作因子} = [0.75 \times (\text{装载能力} + \text{xwd值})] + [0.25 \times \text{牵引能力}]$$

其中

$$\text{装载能力} = \text{最大额定总质量 (磅)} - \text{净重 (磅)}$$

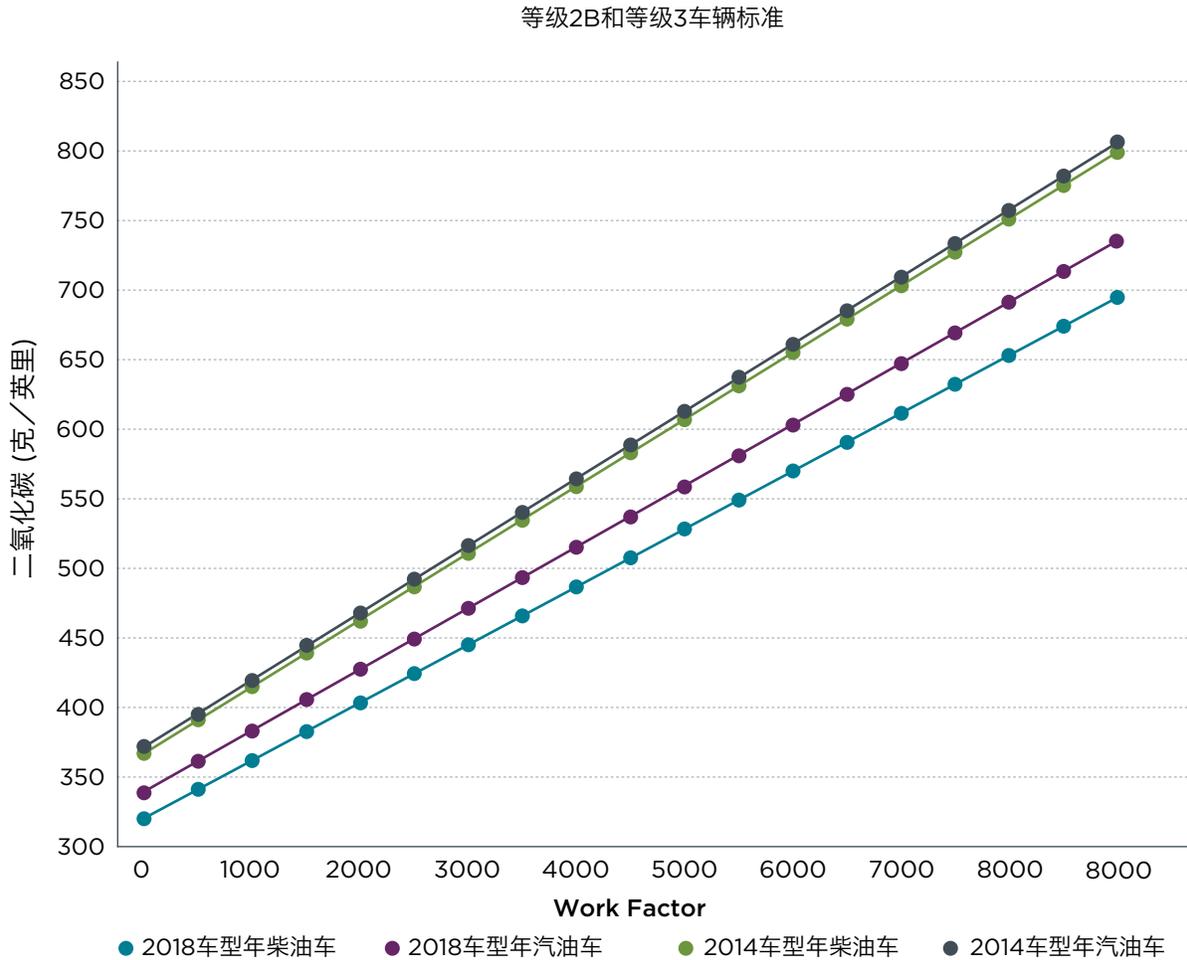
$$\text{Xwd值} = \text{四驱车是500, 其它为0}$$

按照管理最终方案，EPA规定的二氧化碳排放量（克/英里）标准和NHTSA规定的油耗（加仑/100英里）标准与工作因子呈函数关系⁸。如图3所示，随着工作因子值的增加，油耗限值和二氧化碳排放限值也随之线性上涨。按管理最终方案，管理措施将在2014至2018车型年分步实施，柴油车和汽油车也根据技术潜质的不同而分别有单独的标准（详见后文）。2014车型年，柴油车和汽油车的每英里二氧化碳（油耗）标准基本相同，但是到了2018车型年，柴油车的限值大概要比汽油车的低6%。根据管理部门预测，到2018车型年，汽油车平均二氧化碳排放量可比2010年基准水平下降12%，而柴油车的平均减排量则可达17%。

7 任何一种用于计算创新技术信用额的替代测试方法将会公开接受公众的意见

8 EPA和NHTSA (2011) 管理方案影响作用分析：对中重型车辆和发动机实施温室气体排放标准 and 燃油能效性标准 (<http://www.epa.gov/otaq/climate/document/420r11901.pdf>)。

图3 EPA重型皮卡和面包车二氧化碳标准（制图数据来源于正式公布前管理文件表II-7）



此外，环保署已发布了重型皮卡和面包车在2014车型年开始实施的每车0.05克/公里N₂O和CH₄排放量标准，所有二氧化碳条例包含的重型皮卡和面包车都要达到这标准。此外，与牵引车一样，EPA制定了重型卡车和面包车每年1.5%的制冷剂泄漏标准。

B. 技术评估

下表中总结了管理部门认为能够经济有效地减少油耗和二氧化碳排放的应用技术。其中，油耗减少量评估源自管理方案影响作用分析⁹，详见下表中间

栏。总体上¹⁰，以2010车型年为基准，这些技术可实现汽油车节油12%，柴油车节油17%。

C. 认证

针对重型皮卡和面包车，车辆的燃油能效性和二氧化碳排放标准将在底盘测功机上进行测试，这基本上是照搬了轻型车的管理方案。燃料经济性和温室气体排放是以传统污染物管理条例相同的测试方法测定的。采用轻型车FTP工况和高速燃油经济性测功机工况（HFET）测得的结果会以分别以55%和45%的权重计算综合工况测试结果。这两种工况都规定好了速度（英里/小时）和追踪时间。其中，轻型车FTP工况是一个代表城市行驶状态的工况，而

⁹ EPA和NHTSA (2011) 管理方案影响作用分析：对中重型车辆和发动机实施温室气体排放标准和燃油能效性标准(<http://www.epa.gov/otaq/climate/document/420r11901.pdf>)。

¹⁰ 请注意，此处的百分比并不是直接将各项技术的所能实现的减排百分比进行了加和，因为许多针对发动机、行驶路线或车辆系统的技术都是相似的。当把多项技术结合起来使用时，每项技术的减排贡献会比单独使用该技术时小

表 12: 等级2B和等级3重型皮卡和面包车的成本增加(2009\$) 和节油减排量评估

(制表数据来源于正式公布前管理方案影响作用分析文件表2-40)

低摩擦润滑油	全部	0 - 1%	\$4	\$4
8速自动变速箱 (相对6速自动变速箱)	全部	1.7%	\$281	\$269
低滚动阻力的轮胎	全部	1 - 2%	\$7	\$7
空气动力学设备	全部	1 - 2%	\$58	\$55
电驱动行驶	全部	1 - 2%	\$115	\$109
减少空调制冷剂泄漏	全部	2%	\$21	\$19
减少发动机摩擦	汽油车	1 - 3%	\$116	\$116
理论空燃比V8直喷汽油发动机	汽油车	1 - 2%	\$481	\$460
质量减轻 (5%)	等级2B汽油车	1.6%	\$108	\$103
质量减轻 (5%)	等级3汽油车	1.6%	\$115	\$109
发动机改进	柴油车	4 - 6%	\$184	\$167
后处理装置改进	柴油车	3 - 5%	\$119	\$114
零配件改进	柴油车	1 - 2%	\$93	\$89
质量减轻 (5%)	等级2B柴油车	1.6%	\$121	\$115
质量减轻(5%)	等级3柴油车	1.6%	\$127	\$121
到2018车型年综合节油减排 (2B)	汽油车	12 %	\$1,191	\$1,142
到2018车型年综合节油减排(2B)	柴油车	17 %	\$1,003	\$948

HFET工况则相对稳定，最高时速可达60英里/小时，平均时速48.6英里。

D. 达标和灵活性管理规定

将等级2B和等级3重型皮卡和面包车的管理方案设计与轻型车管理方案紧密结合起来是管理部门目前重点优先考虑的问题，因此，他们确定为生产企业设定一个车辆平均达标体系。会根据各生产企业车型年最终产量来计算出车辆平均标准，因此，生产企业必须合理有效的预测自己的年产量，在生产季结束时，会对生产企业的“达标得分”进行计算。如果车辆的平均二氧化碳排放量（EPA）或油耗水平（NHTSA）低于车辆平均标准要求，生产企业就可以获得节油减排信用额度，反之，如果二氧化碳或油耗水平高于标准

要求，生产企业就产生额度透支。下面这个例子会帮助说明如何计算车辆平均标准。

在下面的表格中，生产企业共生产三种工作因子值不同的车型（A、B和C）。基于不同车型的工作因子，每个车型的目标值也是不同的，详见左起第三栏。用目标二氧化碳值减去实际的二氧化碳值，就能够得出各个车型的得分，如果分数是正的，则说明排放低于目标值，反之，如果分数是负的，则说明排放超过了目标值要求。在生产年度末，生产企业会把各个车型的得分乘以该车型的产量，再通过固定的使用寿命周期值（英里），来把这个分数值转化为二氧化碳排放吨数。将所有车型的二氧化碳吨数加起来，就能看出生产企业的排放量是否平

衡。在下面的例子中，这家生产企业获得了4,000吨的排放信用额度。如果最终得到的结果是负值，则说明该生产企业产生了透支额。与轻型车二氧化碳管理相一致，管理部门会给予信用额度最长5年的周转期，给予透支额度最长3年的周转期。也就是说，生产企业最多只能连续三年产生排放赤字，否则将面临处罚。

位也同样是每吨-英里二氧化碳克数和每1000吨-英里燃油加仑数。图4中展示了针对所有子类别设定的EPA管理标准。取决于具体的子类车型，2014车型年的标准与2010车型年值基线水平相比有4至5%的改善。更严格的2017车型年标准比2010车型年基线水平提高6%至9%。与牵引车一样，2017年收紧的标准是完全基于2017车型年发动机的改进。

表13: 等级2B和等级3重型皮卡和面包车达标范例

车型	实际二氧化碳台架测试结果(克/英里)	通过工作因子计算出的二氧化碳目标值(克/英里)	得分 = 目标值 - 实际值	车型年末产量	得分 x 产量	使用寿命周期(英里)	二氧化碳额度(吨)
A	620	600	-20	3,000	-60,000	200,000	-12,000
B	700	710	10	2,000	20,000	200,000	4,000
C	635	650	15	4,000	60,000	200,000	12,000
合计结果 =							4,000

等级2B至等级8作业车辆

作业车辆包含了所有未纳入牵引车或重型皮卡或面包车范畴的重型车辆。这一种类繁杂的组别包括有翻斗卡车、城市快递车、垃圾车和公交车等等。和对牵引车的管理一样，EPA和NHTSA也针对作业车辆分别设置车辆标准和发动机标准。发动机企业需要遵守发动机管理要求，底盘生产企业则必须在他们生产的底盘上安装通过认证的发动机。与牵引车管理类似，作业车辆也通过GEM模型软件来进行认证。在下面的车辆认证一节会介绍到生产企业只需要向模型中输入轮胎规格数据即可。

A. 整车标准

按照车辆重量，作业卡车被分为三个子类别：轻重型（等级2B-等级5）、中重型（等级6和等级7）以及重重型（等级8）。和牵引车的管理规定一样，EPA的相关标准计划从2014车型年开始实施，NHTSA的强制性管理则设定了2年的自愿参与期，到2016车型年才强制实施。同样，EPA和NHTSA的管理公制单

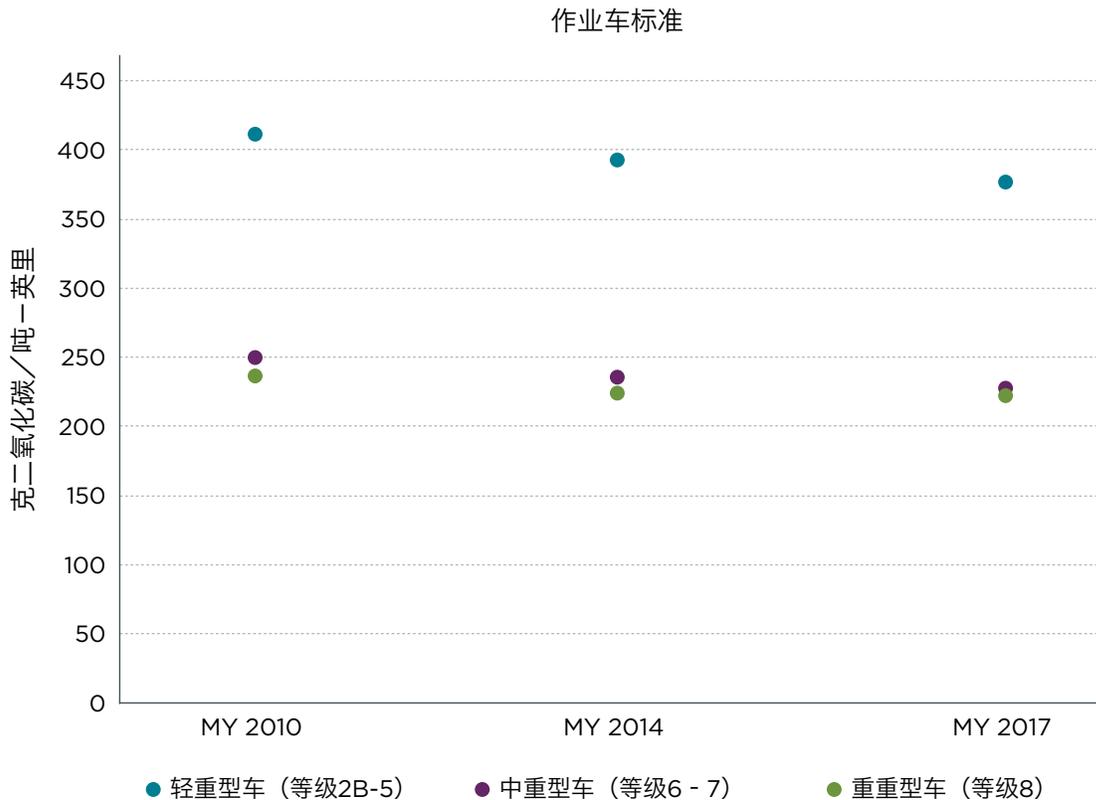
B. 技术评估

在确定作业车辆的标准时，管理部门选择根据发动机的改进和使用低滚动阻力的轮胎所能带来的收益来设定限值的严格程度。至于发动机以外的系统，管理部门承认还有许多有潜在提高空间的技术，如空气动力学、减轻车重和动力传导等，但这里还是只把重点放在轮胎上，以避免管理这类种类繁多的车辆时过于复杂。要想纳入对空气动力学、减轻车重和动力传导方面的管理，就要求管理部门同时管理非常多的小型组装企业，这在现阶段是难以实现的。此外，管理部门还需要开发制订大量的独立标准，来应对不同的质量等级和空气动力学设计，并且评估这些不同的技术所需要进行的大量实验也过于繁重。

C. 发动机标准

如前文所述，对作业车辆的发动机管理要求和牵引车发动机的管理实际上是一样的。适用于等级2B至等级5作业车的发动机属于轻重型发动机，适用于等级6和等级7车辆的发动机属于中重型发动机，适

图4 作业车辆二氧化碳排放标准方案 (制图数据源正式公布前于管理文件表II-15和III-12)



用于等级8车辆的发动机属于重重型发动机。唯一的区别就是用于作业车辆的轻重、中重型和重重型发动机需要通过重型车FTP工况测试来证明达到各自的标准而不是通过稳态的SET测试工况。重型车FTP工况有代表性的反应了走走停停的城市行驶工况，这种工况在作业车辆身上很常见。图5展示了EPA最终发布的2014车型年和2017车型年柴油发动机标准。另外，用于作业车辆的重型汽油发动机也会在2016车型年有自己单独的627克二氧化碳/制动马力-小时的标准¹¹。管理部门评估的2010车型年汽油机排放基准水平为660克二氧化碳/制动马力-小时。

替代燃料

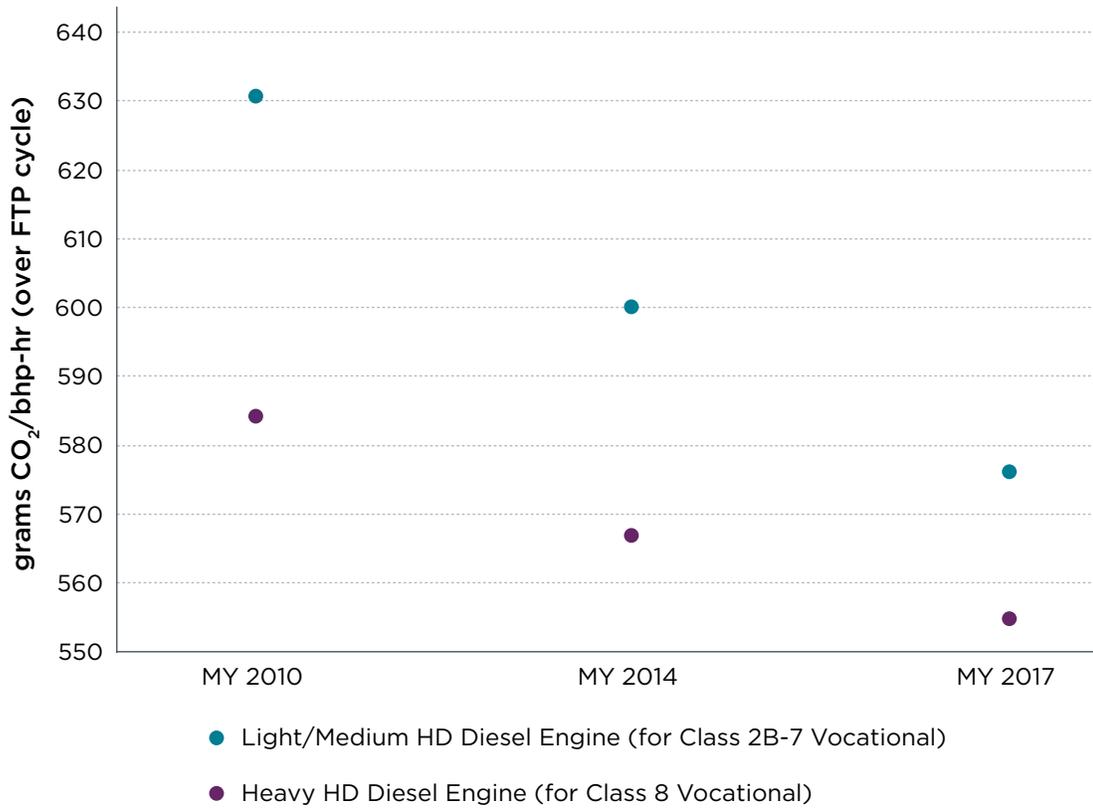
对于采用替代燃料的发动机，管理部门已经确定了一个条款，规定这些发动机将以EPA标准的测定方法计算二氧化碳排放量，再将二氧化碳排放量转换成燃料

消耗作为评估是否达到NHTSA标准的依据。天然气和液体石油天然气发动机是重型部门最常见的替代燃料发动机。由于天然气和液体石油天然比柴油和汽油的碳成分低，这两种燃料的二氧化碳排放量比传统燃料大约低20%至30%。因此，这些发动机的厂商将无需额外费用便能满足2014车型年和2017车型年的标准，他们并可以获得超额达标信用额。管理部门认为这本身已经为替代燃料提供庞大和足够的优势，所以不会为这些发动机加上信贷加倍系数。

2014车型年和2015车型年的灵活燃料汽油/乙醇车辆将会使用汽油和E85两种燃料进行测试。E85是含85%乙醇的汽油。二氧化碳排放量的认证结果将以50%/50%的汽油和E85比重的结果确定。在2016车型年或以后，厂商必须提供他们生产这些车辆再现实世界的实质E85使用量数据，否则厂商将要使用100%汽油使用量的默认假设来测定车辆是否达标。与天然气和液化石油气的车辆一样，灵活燃料汽油/乙醇车辆的燃料使用量将会以所测得的二氧化碳排

¹¹ 在整个管理方案中，EPA和NHTSA的管理是一致的，都是基于每加仑柴油燃料排放10,180克二氧化碳和每加仑汽油燃料排放8,887克二氧化碳。

图5 作业车辆发动机二氧化碳排放标准 (制图数据源于正式公布前管理文件表II-17和表III-16)



放量和二氧化碳当量，而不是能源当量计算。

作业车发动机标准的灵活机制

作业发动机的灵活性条款与牵引车发动机的条款相类似。如牵引车发动机的可选途径，第一个灵活性

条款是容许作业发动机厂商遵循一个可选 (“OBD分阶段”)达标途径，要求发动机排放由2013车型年和2016车型年，而不是2014车型年和2017车型年，开始降低。表14比较作业车发动机厂商可遵守的主要达标途径和可选途径。

表 14: 比较轻/中重型和重重型作业车发动机主要和可选标准 (制表数据来源于正式发布前管理文件表II-18)

	重重型作业车发动机		轻重型/中重型作业车发动机	
	主要标准	可选标准	主要标准	可选标准
基准值	584	584	630	630
2013车型年	584	577	630	618
2014车型年	567	577	600	618
2015车型年	567	577	600	618
2016车型年	567	555	600	576
2017车型年	555	555	576	576

U.S. emissions and efficiency standards for heavy-duty vehicles

与牵引车发动机标准一致，第二个灵活性条款容许没有使用SCR技术的排放控制系统的作业车发动机厂商可选择设置一个单独的基线值和2014到2016车型年的标准。对于轻重型和中重型发动机，该标准定在基准水平上改善2.5%，对于重重型发动机则为3%。在2017车型年开始，这些厂商将与其他厂商要面对同一的标准。对于重重型和轻重型/中重型作业车发动机，该标准分别为555克/马力小时和576克/马力小时。正如牵引车发动机的标准，为了防止制造商设置虚高的“2011车型年基线值”，管理部门特定要求这些厂商的种独特的基准值应为该厂商在2011车型年同一发动机系列内认证和销售所有的发动机的平均值。

D. 车辆认证

管理部门在GEM模型中预设了负载、车前区和空气动力学阻力数值，生产企业则需要输入转向轮和行驶轮的滚动阻力系数(C_{RR})。生产企业要依照ISO28580中的实验方法来测定轮胎滚动阻力系数值。进行达标判定时，模型会权重三种不同的测试工况下得到的结果：每小时65英里行驶数据占37%，每小时55英里行驶数据占21%，瞬态工况占42%。GEM模型中采用的测试重量是基于前文中提到的车型分级。其中轻重型车辆的测试重量为16,000磅，中重型车辆为25,150磅，重作业车辆为42,000磅。这些重量值代表空载车辆（或 curb）的重量加上有效载荷。有效载荷值是根据美国联邦公路管理局的统计数据设定。但考类业界对等级8车辆实际空载重量和有效载荷量的意见，最终规定内的重重型车有效载荷值从草案建议的38000磅调整到15,000磅的建议。

管理部门也承认GEM模型用来认证轮胎有些大材小用，不过他们相信随着技术更新，在今后的管理中会纳入作业车辆的更多特征。目前的认证程序已经建立了框架体系，今后可以添加更多的项目。

与拖拉机、重型卡车和面包车不同，EPA不制定对作业车制冷剂泄漏的标准。这是由于作业车的组装过程复杂而且负责空调系统的生产和安装制造商可能并不是底盘制造商（这规管条例的负责单位）。

E. 达标、灵活性管理规定和豁免

和牵引车的管理方案一样，最终的达标计算也需要使用模型年产量统计数据。作业车辆是获得信用额度还是产生透支额度也会按下面的公式以二氧化碳排放吨数的形式计算出来（在NHTSA管理中是加仑数）：

$$\text{信用额度 (或透支额度)} = (\text{标准} - [\text{GEM输出结果}]) \times (\text{载重负荷吨数}) \times (\text{产量}) \times (\text{使用寿命周期}) \times (10^{-6})$$

其中

标准 = 某种管理等级的作业车辆的既定标准（克/吨-英里）

GEM计算结果 = GEM模型模拟计算的结果（克/吨-英里）

载重负荷吨数 = 轻重型为2.85吨，中重型为5.6吨，重重型为7.5吨

产量 = 作业车辆系族的计划或实际产量

使用寿命周期 = 车辆的使用寿命周期（轻重型为110,000英里，中重型为185,000英里，重重型为435,000英里）

如前所述，作业车的信用额度可以在其生成的子类别的同一重量级别的车辆之间平均、储存或交易。同样，管理部门为底盘生产企业设定的最长额度透支期限也是三年。作业车的提前实施、先进技术和创新科技信用额度与上面所讨论的牵引车方案相同。

某些主要在越野环境中使用的作业车辆不适合使用低滚动阻力轮胎。管理部门容许满足一个或多个以下条件的这些作业车辆可豁免要求：

- 配备单轴的，额定重量29,000磅的任何作业车；
- 在2英里内速度达不到每小时33英里的卡车或客车；
- 在2英里内速度达不到每小时45英里的卡车，

而且其卸载车辆重量不低于该车辆的总重评级 (GVWR) 的95%，并该车除驾驶员和操作人员没有其他载客位置；

- 任何时速限制于每小时55英里或以下的，配备了越野轮胎的混合作业车。

虽然这些车辆将可豁免使用低滚动阻力轮胎的要求，这些车辆中使用的重型发动机还是需要满足发动机的标准。

混合动力车辆测试流程

管理部门提出了两种选择，来对重型混合动力车辆进行认证，以计算其先进技术信用额度。第一种选择方案是使用底盘测功机进行测试。这方法与等级2B和等级3皮卡和面包车的认证流程类似。这种测试流程可以同时用于持续充电和消耗式充电（插入式）的混合动力皮卡和面包车。在这种测试流程中，管理部门会采用SAEJ2711测试流程。第一种选择方案是使用发动机测功机，对混合动力驱动系统的“硬件体系链”做一个全面的测试，包括发动机和全部混合动力系统的零件。

混合动力车底盘测试

关于底盘测试，厂商需要测试一种先进技术车辆和“当量”的传统基线车辆，并必须采用四种不同的测试工况来权重计算二氧化碳测量的平均值和油耗平均值，权重系数详见表15。如垃圾车或斗卡车的车辆使用的动力输出装置（PTO）在停泊空转时

操作各种配套作业系统。一个动力输出装置允许汽车的主驱动器系统的能量被提取并用于供应这车辆的单独机器附件。除了动力输出装置工况（Power Take Off, PTO）之外，这里打算使用的测试工况和GEM模型中使用的工况一样。

PTO工况包含30个时间节点不同的模型点。在每个模型点，两个液压回路都有特定的压力值，可以显示出正常情况下压力峰值的百分比。这些模型点反映了动力输出装置运作状态下垃圾车等公共用车上的液压设备的供电状况。在这种测试工况下，车辆是停止不动的，PTO输出功率会被连接到一台测试台架上，这个台架可以吸收系统的能量输出。

对“混合动力车收益”的认证是基于“A-B”测试，A测试是混合动力车或传动系统测试，B测试是“等效的”传统车辆或传动系统测试，使用下面的公式进行计算：

混合动力车收益[克二氧化碳/吨 英里]= ((二氧化碳_A - 二氧化碳_B) ÷ 二氧化碳_A) × 适用标准[克二氧化碳/吨 英里]，其中“A”车辆是混合动力版，“B”车辆是传统版。

变速器前置式混合动力车的发动机测试

管理部门也允许生产企业使用标准的发动机测功机，在FTP发动机测功机测试工况下，对变速器前置式混合动力车进行硬件体系链测试，从而进行认证。在这种情况下，测量出的混合动力系统制定油耗量（加仑/100制动马力-小时）和二氧化碳排放

表15: 混合动力车底盘测功机测试的测试工况权重系数

(制表数据源于正式发表前管理文件表IV-1和管理法规影响作用分析中公式3-1)

	瞬态	55英里/小时	65英里/小时	PTO
无PTO的作业车	75%	9%	16%	0%
无PTO日用驾驶室牵引车	19%	17%	64%	0%
无PTO的卧铺驾驶室牵引车	5%	9%	86%	0%
带 PTO的车辆	30%	15%	27%	28%

（克/制动马力-小时），可以直接用来计算混合动力车的节油减排收益（例如，与传统发动机相比的节油减排百分比）。这测试方法不要求对先进技术和基准系统同时进行A-B测试。

目前FTP测试工况中只定义了正转矩值。负转矩值需要在工况的“发电机”环节中进行定义，这样才能用来测试变速器前置式混合动力车，确定混合动力系统能源获取和再利用的潜能（例如，再生制动）。为了确保发动机测试认证得出的信用额与使用A-B底盘测试信用额的可比性，管理部门定义了在每个混合动力系统在每类测试时可以回收的“制动能量部分”的当量限值。

变速器后置式混合动力车的发动机测试

生产企业可以通过驱动系统（或动力组）测试单元来进行硬件体系链测试，从而进行变速器后置式混合动力车的认证。驱动系统测试单元和传统的发动机测试单元不同，它要求有“电动、切换当前的测功机”，来配合车辆/混合动力转换过程中的惯性转动和产生的速度（Draft RIA, 3-32页）。这变速器后置式动力组测试不适合使用FTP发动机测试工况。对于这类测试组合，厂商必须使用GEM 测试工况（瞬态工况、55英里/小时的巡航工况和65英里/小时的巡航工况）。

参考资料

1. US EPA and NHTSA (2011) Greenhouse Gas Emissions Standards and Fuel Efficiency Standards for Medium- and Heavy-Duty Engines and Vehicles. 美国环境保护局/美国高速公路安全管理局 (2011) 中重型发动机/车辆温室气体排放及燃油能效标准 (<http://www.epa.gov/otaq/climate/documents/ghg-hd-rule.pdf>)。
2. National Academy of Science (2010) Technologies and Approaches to Reducing the Fuel Consumption of Medium- and Heavy-Duty Vehicles. The National Academy Press. Washington, D.C. 美国国家科学院 (2010) 降低中重型车辆油耗的技术和方法。国家科学院院刊 华盛顿特区, (http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=12845)。
3. Northeast States Center for a Clean Air Future (NESCCAF); International Council on Clean Transportation (ICCT); Southwest Research Institute (SwRI); and TIAX, LLC (2009) Reducing Heavy-Duty Long Haul Combination Truck Fuel Consumption and CO₂ Emissions. (<http://www.theicct.org/2009/10/reducing-hdv-emissions/>). 东北州清洁空气未来发展中心 (NESCCAF)、国际清洁交通委员会 (ICCT)、西南研究院 (SWRI)、TIAX和LLC等机构共同合作, 于2009年发布的《降低重型长途卡车的油耗和二氧化碳排放》报告 (<http://www.theicct.org/2009/10/reducing-hdv-emissions/>)。
4. The International Council on Clean Transportation (2009). Heavy-Duty Vehicle Market Analysis. 国际清洁交通委员会 (2009)。重型车市场分析。
5. The International Council on Clean Transportation (2009). ICCT Evaluation of Vehicle Simulation Tools. 国际清洁交通委员会 (2009)。ICCT汽车模拟工具评价。
6. US EPA and NHTSA (2011) Regulatory Impact Analysis: Proposed Rulemaking to Establish Greenhouse Gas Emissions Standards and Fuel Efficiency Standards for Medium- and Heavy-Duty Engines and Vehicles. EPA和NHTSA (2011) 最终管理方案影响作用分析: 对中重型车辆和发动机实施温室气体排放标准 and 燃油能效性标准 (<http://www.epa.gov/otaq/climate/documents/420r11901.pdf>)。
7. US EPA and NHTSA (2010) Draft Regulatory Impact Analysis: Proposed Rulemaking to Establish Greenhouse Gas Emissions Standards and Fuel Efficiency Standards for Medium- and Heavy-Duty Engines and Vehicles. EPA和NHTSA (2010) 管理草案影响作用分析: 计划对中重型车辆和发动机实施温室气体排放标准和燃油能效性标准 (<http://www.epa.gov/otaq/climate/regulations/420d10901.pdf>)。