

## 超细颗粒物白皮书

### 摘要:

在过去的十年里，美国，加州以及欧洲的监管机构采取了很多措施来减少汽车，卡车，公交，非道路柴油发动机以及其他交通系统相关污染对人类健康造成的危害。在美国，国家环保局（EPA）已经实施了一系列法规，很大程度的降低了汽油和柴油的硫含量，使得新一代的催化剂，过滤器以及其他尾气排放控制技术的使用成为了可能，这些使得排放黑烟的柴油公交车和卡车成为过去，将最清洁的汽车，卡车以及公交带到我们生活的环境中。

重型柴油车和公交车法规（2001年通过），农用、工程以及其他各类非道路车法规（2004年通过），以及农用移动机械及船舶柴油机法规（2008年通过）一起，在2030年，大约每年会减少21400例早亡，创造超过1520亿的健康净收益。

EPA已经采取了很多措施，使我们的汽车，轻型卡车以及SUV更加清洁，燃油性也更加有效。今年3月份，EPA针对轻型车，提出了Tier3燃油和尾气排放标准。这一法规要求从2017年开始，汽油中平均硫含量从今天的30ppm降到10ppm，同时，对新乘用车，轻型卡车以及SUV提出新的尾气排放标准。

Tire3对燃油性和温室气体排放提出一个更高的要求。2011年，EPA和国家公路交通安全管理局（NHTSA）针对轻型车通过了新的燃油经济性指标和温室气体排放标准，要求在2025年达到平均54.5英里每加仑（等同于163克二氧化碳每英里）。

Tire3也借鉴了加利福尼亚空气资源局（ARB's）最新的法规要求。2012年1月，ARB通过了一套标准，包括LEV III轻型车排放标准。LEV III包括世界上最严格的PM质量限值-1毫克每英里，2025年开始实施。EPA Tire3提议，大部分和LEV III一致，从2017年开始实施，到2025年达到PM限值-3毫克每英里。这里我们会介绍为什么EPA应该更近一步向ARB靠近，采用PM限值-1毫克每英里。

所有这些法规的发展和实施基于人们越来越多的认识和了解汽车排放的颗粒物以及其对健康的危害之间的关系，这些危害包括哮喘，癌症，心脏和肺部疾病以及早亡。

在我们规划未来发展的同时，还有一些问题已露端倪，需要加以关注。

第一，人们越来越多的关注超细颗粒物（UFP，例如颗粒直径小于0.1微米）在PM对健康的整体危害中起到的影响。考虑到它们尺寸，超细颗粒物在整个PM质量测量中占了很小的一块，但是却是整体PM中最大一个根源。这一问题在市区以及交通主干道尤为重要。

虽然流行病学和毒理学对UFP的研究和文章并不如对整体PM质量对健康的危害的研究健全，但是研究数据显示，UFP的潜在健康危害趋势正显露出来。基于这一趋势，欧洲已经通过了首个颗粒物数量限值法规，用以保证DPF的使用，减少UFPs。另外，欧洲很快将会针对直喷式汽油车

执行颗粒物数量限值，这一法规将会加速减低 PM 技术的发展，例如 GPF，高压喷射以及其他燃油控制技术。这是一个值得美国进行研究和关注的问题。

第二，通过使用 DPF 降低尾气排放，超过了排放标准要求 – 这些额外减少的尾气会对全美带来了额外的，可计量的健康收益。事实上，目前主机厂所使用的来满足重型柴油和非道路柴油排放标准的 DPF，减少 PM 的程度远远超出 PM 排放标准，重型柴油车平均超出了 90%，非道路柴油机超过 80%。

这些额外减少的尾气为环境和健康带来巨大的好处。按照汽车的使用周期来计算，重型柴油车额外减少的尾气会带来大约 191 亿-435 亿美元额外的环境和健康收益，包括减少 349-780 例早亡，大约 5 万工作小时损失。非道路柴油机额外减少的尾气可带来大约 56 亿-129 亿美元额外的环境和健康收益，包括减少 86-196 例早亡，大约 12238 工作小时损失。

对轻型车限定 PN 值，比起提议的 Tire3 法规，可以创造大约 351 亿-800 亿美金的额外收益（大约 900 例早亡和 56000 工作小时损失）。

一些制造商已经开始考虑一些新技术，不需要使用 DPF 就可以满足 EPA 和 CARB 非道路车的尾气排放标准。一些发动机已经通过认证，不需要 DPF 就可满足 EPA Tire4 标准。EPA 数据明确显示，虽然这些发动机可以满足排放标准，但是几乎会损失掉所有 DPF 带来的额外减少的尾气。

另外，这些依靠发动机本身的减排策略，而不选用 DPF，在实际应用中很大可能性会导致尾气排放值升高。其原因有很多，例如缺乏保养，长时间闲置。因此，虽然这一方案可以满足 EPA 排放要求，但是会损失掉大量对环境和健康所带来的额外收益。

第三，随着 EPA/NHTSA 温室气体和燃油经济性以及 Tire3 非常大的可实施性，我们预期会见到愈来愈多 GDI 和涡轮增压应用在轻型汽油车上。目前美国市场销售的汽车，超过一半的汽车可选择安装 GDI，安装有 GDI 的汽车型号还在不断增加。充分的证据证明装有 GDI 的发动机释放的 UFPs 和 PM 和不安装 DPF 的柴油发动机相当。随着 EPA Tire3 提议的最终敲定，对于环境保护机构来说非常重要的一点是应该考虑在 PFI 到 GDI 和涡轮增压的转化中，PM 和 UFP 所带来的影响，以及利用消费者可支付的用于降低 PM 技术或设备，例如 GPF。

在本报告中，我们的主要目的是协助 EPA 和 CARB 来考虑这些问题。

首先，我们汇总了目前人类对 UFPs 对于健康的潜在危害的认识和理解。其次，我们列举出不同的尾气排放方案和技术，可用来满足当前和未来的 EPA 标准。第三，我们记录了那些利用 DPF 来满足并超出美国和欧洲排放要求的成功案例（包括欧洲颗粒物限值）。更重要的是，或许我们可以提出 PN 和 PM 之间的相互关系，利用这一数据可以根据 PM 相关的健康数据来估计健康收益，并推测在很低的 PM 水平下，PN 测量或许更加有效。最后，我们计算了 DPF 或者 GPF 的使用带来额外尾气的减少为环境和健康所带来的好处。我们列举出如果主机厂放弃 DPF 方案或者选择不安装 GPF 在 GDI 轻型车所可能产生的问题和风险。

最后，针对如何提供最大的环境和健康收益，我们提出了以下建议：

EPA 和 CARB 应该将颗粒物数量限值列入尾气排放法规。

将颗粒物数量限值列入 EPA Tire3，道路柴油和非道路柴油尾气排放法规可以帮助确保 DPF 和 GPF 的使用，以减少颗粒物质量和 UFP 数量和其他颗粒物。同时，加入颗粒物数量限值可以和现有的法规互补，保证那些超出法规要求的额外尾气减少为人类带来的额外利益。处于同样的考虑，CARB 也应该考虑将颗粒物数量限值要求加入 LEV III，路柴油和非道路柴油尾气排放法规中。

EPA 和 CARB 应该考虑一个新的更加严格的重型柴油机 PM 标准，等同于 CARB 轻型车标准 – 1 毫克每英里。

尾气排放测试显示，对于那些安装 DPF 的重型柴油机，1mg/bhp-hr 在技术上是可行的。在柴油机认证测试中，我们实现了这一水平，并且减少 PM 排放超过法规要求的 90%。根据我们的分析，由此可以创造出大约 191 亿-435 亿额外环境和健康收益，每年可减少大约 349-780 早亡。目前市场上，DPF 已经被广泛的接受和使用。洁净空气法案要求 EPA 设立技术和经济上可行的尾气排放标准。EPA 和 CARB 是该考虑新的 PM 标准了。

对于那些没有使用 DPF 的技术方案，EPA 应该增加监管和检测力度。

我们有足够的证据显示，考虑到冷启动，额外闲置时间，保养不足以及提携其他因素，比起安装 DPF，人们更倾向于采用发动机为主体的技术方案。考虑到非道路发动机的复杂性 – 包括多种多样的发动机类别以及循环工况 – 再用机测试尤其重要。对于那些没有安装 DPF 并通过 Tire4 认证的发动机，EPA 应该加大监测力度。

仅仅 7 个不安装 DPF 的非道路发动机，在其使用周期中就会损失大约 56-129 亿没见的环境和健康收益（包括大约每年 86-196 例早亡以及大约 12238 工作小时损失）。不过，一些公司还是依赖于非道路 Tire4 发动机控制，而不是安装 DPF。这些发动机在环境控制的实验条件下会满足排放要求，但是这些发动机却无法提供超过 90%的额外尾气的减少，由此产生的额外环境和健康收益将会全部损失掉。

EPA 和 CARB 应该合作，开发出一种可测量 UFP 和颗粒物数量的方法。

EPA 和 CARB 都提出过这样一种担心，欧洲的颗粒物测量计划 PMP 是否适用于美国。同时，这两家机构也提出另一个问题，目前美国现有的水平能否测量低水平条件下的 PM 质量（例如<3 毫克每英里）。这两家机构应该合作去开发出一种方法，能够用来支持颗粒物限值或者其他 UFP 法规。在 1 毫克每英里水平下，测量颗粒物数量比颗粒物质量简单，EPA 和 CARB 需要对颗粒物数量和质量之间的转化达成一致。这样或许可以提供一种比颗粒物质量测量更有较的测量技术，根据以颗粒物质量进行的流行病学数据来推测超细颗粒物为健康带来的危害。

在加速老旧柴油发动机淘汰和改造，新的清洁发动机推广的过程中，联邦政府和州立政府需要发挥更重要的作用。

对于目前正在使用的老旧卡车，我们需要加速淘汰和改造。

联邦政府有两个项目可以帮助加速老旧柴油发动机改造。第一，在 2010 年，国会通过了柴油机减排法案（DERA），允许每年 1 亿美金用来改造老旧柴油发动机。不幸的是，这个举措并没有得到完全资助。在过去的 3 年里，DERA 得到了 5 千万美金在 2011 财政年，3 千万美金在 2012 财政年，2 千万美金在 2013 财政年。尽管了解国会面临的财政困难，MECA 强烈建议国会保证明年 2 千万美金用作老车改造，同时开发新的方法来加速旧车改造。第二，交通拥塞缓解和空气质量部（CMAQ）会提供超过 3 亿美金在 2013 和 2014 年，用作 PM 非达标州和减少 PM2.5。很大部分资金应该用做旧车改造。

加州和新泽西州在现有的改造集资项目中，加入了其他资源来加速柴油清洁工作。这些项目应该得到资助，其他州也应该考虑采取类似做法。另一个案例是德州减排计划（TERP）。这个计划由德州环境质量委员会（TCEQ）建立。TERP 提出了刺激政策，用于 Dallas-Fort Worth, Houston-Galveston 以及其他东部抽样不达标区域降低 NOx 排放。如今，TERP 并没有提供足够的资金用于 NOx 改造技术，同时完全没有资金用于 PM 减排技术。廉政建设任务为那些 PM 未达标的州提供了另一个有效的方式来清洁基建设备和其他油车。

全世界的环境机构应该加强蒸发污染排放限值，用来控制二次有机气溶胶。

加州和 US LEV III/Tire3 蒸发排放污染项目提供最复杂方式的 来减少汽油车带来的蒸发污染和汽油车加油排放，这是二次有机气溶胶颗粒物的一个重要来源。其他主要汽车市场应该采用美国的法规要求。