



# 柴油车颗粒物捕集器 最佳应用经验指南

适用于所有发动机系统/设备选择、安装及运行说明

VERT 减排技术认证  
最佳的减排技术选择

[www.VERT-certification.eu](http://www.VERT-certification.eu)

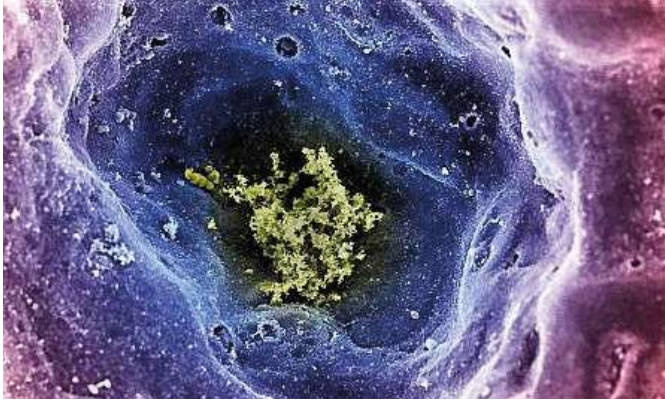
# 颗粒物捕集器的应用动机

只有颗粒物捕集器 (DPF) 能够有效去除发动机燃烧所产生的超细致癌颗粒物。

高效的炭烟颗粒物捕集器自1982年问世。如今, 已经有超过1亿个颗粒物捕集器被应用于道路车辆、建筑机械和叉车等车辆设备上。改造所带来健康收益可达到改装成本的10倍以上。

## 存在的问题:

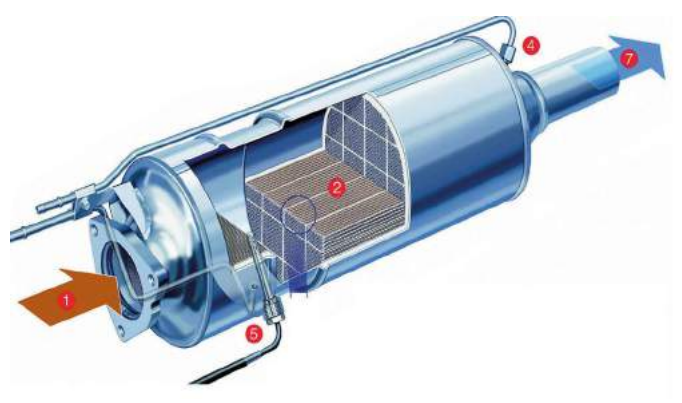
发动机燃烧会产生超细颗粒物



人类肺泡中的碳烟颗粒  
Lennart Nilsson 2004

## 解决方案:

采用颗粒物捕集器 (DPF) 来消除超细颗粒物



颗粒物捕集器被封闭在钢制外壳中, 上游有 DOC 和控制传感器; PSA 2000

**死亡率:** 每天, 车辆发动机排放出的颗粒物可导致超过1万人死亡。其中, 心脏病致死率约 35%, 脑中风致死率约 45%, 癌症致死率约 15%。生活在大城市的居民以及在车流量较大道路附近的儿童、孕妇和病患尤其容易受到身体损害。

**颗粒物大小** 是最为关键的参数。自然界中的灰尘颗粒物是无法进入血液循环的, 因为这些颗粒物的体积很大。而发动机燃烧所产生的颗粒物则要比灰尘小 100 倍, 仅有 0.1  $\mu\text{m}$  或 100 nm (作为参照: 病毒的大小与之相仿, 在 20-300 nm 之间)。这些超细颗粒物很容易通过肺部进入血液系统, 从而进入脑部和胎盘。颗粒物将有害物质带入人体组织并在体内积存, 有害物质很难被清除或代谢, 会导致长期毒害。

每公斤炭烟所导致的**健康影响成本**约为 2000 美元。根据经合组织 (OECD) 的评估, 德国每年与此相关的死亡人数为4.1万, 带来的经济成本为 1440 亿美元, 即每位居民 1800 美元。死亡率的增长情况与空气污染呈线性关系。因此, 可以预计在较大的城市和交通密集的地区, 这方面成本会相应更高。

**致癌污染物**是不存在无损害摄入剂量的。2012 年, 世界卫生组织 (WHO) 将柴油炭烟定义为一级致癌物 (与石棉致癌级别相同)。

**新技术**只能逐渐发挥作用, 因为新标准只适用于新车。车辆更新周期在 15-20 年, 甚至需要更长时间。因此, DPF改造是至关重要的, 自 1994 年起, DPF改造已经在欧洲多个城市成功开展。

**过滤**是有效去除尾气中高毒性碳烟颗粒物和金属氧化物颗粒物 (来源于磨损和润滑剂) 的唯一手段。需要注意的是, 并非所有捕集器都是优质的捕集器。

**捕集器过滤效率**并不取决于发动机, 而是取决于捕集器载体的孔径结构和良好的设计。一个优质的捕集器, 安装在任何一台发动机上都可以实现超细固体颗粒物过滤效率98%以上。颗粒物过滤器可以应用于各类内燃机, 包括汽油机和柴油机、道路发动机和非道路发动机, 并且可替代消音器。

**劣质捕集器**只能暂时储存碳烟颗粒, 随后就会释放出来。另一类劣质捕集器则只能消除较大的颗粒物, 而无法过滤出较小的有毒颗粒物。一些劣质捕集器还会生成额外的有毒物质, 因此应当选用经过VERT认证的捕集器。

**捕集器再生**是捕集器的自清洁过程, 会将储存的碳烟颗粒彻底转化为无毒气体  $\text{CO}_2$ 。目前可应用的再生技术很多, 应根据车辆设计使用情况来选择再生方法。

每年应对**捕集器进行一次清洁**, 清除灰分。这需要将捕集器从车上拆卸下来。

**捕集器不会老化和磨损**。但需要小心安装并定期对发动机进行排放测试。

**将健康收益进行货币化折算**, 社会收益价值至少是改造成本的10倍。目前, 美国环保局 (EPA) 评估出的收益/成本比为13:1。

# 车辆匹配和捕集器选择

“为所有柴油机安装DPF”是环境空气质量的迫切需要。  
一辆未安装捕集器的车辆的颗粒物排放相当于100辆安装有DPF的车辆。



任何车辆都可以进行改造, 不过

- 原始排放过高会带来一定的挑战。
- 在自由加速阶段, 不透光度K必须低于  $1\text{m}^{-1}$
- 车辆必须按照生产企业的要求进行良好的维修保养, 特别是空滤、机滤、喷油嘴、涡轮增压器、排气管气密性、悬挂和噪声排放控制方面的保养。
- 润滑油消耗量必须低于油耗的 0.5%。
- 燃料硫含量应低于10ppm, 否则就必须采用耐硫DPF系统。
- 避免长时间怠速, 这会导致能源浪费。
- 安装有DPF的车辆必须认真进行诊断, 因为发动机故障不会像未安装DPF的车辆那样在尾气中有明显体现(尾气发蓝、冒黑烟等)。

改造没有车辆限制, 不过改造收益/成本是直接受到预期车辆剩余寿命的影响的。因此, 与其对老旧车辆进行改造, 不如直接将这部分车辆进行报废。

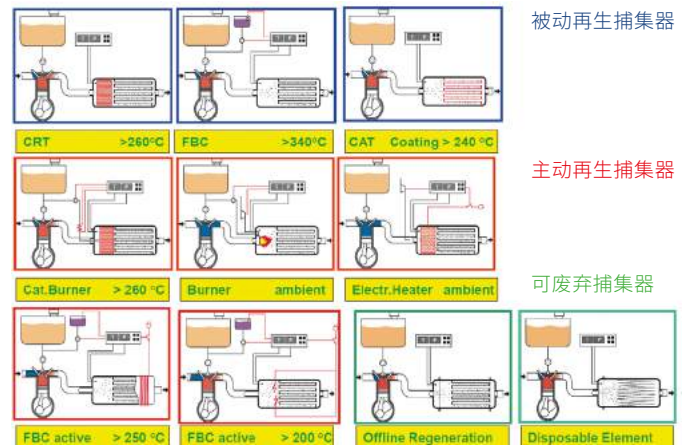
VERT认证要求

- 对于10nm-500 nm超细颗粒物的过滤效率 > 98%
- 不产生有毒的二次排放物
- 新设备背压 < 50 mbar
- 最大背压 < 200 mbar
- 2000小时耐久性测试无劣化
- 可集成电控车载诊断系统 (OBD)
- 设计、生产和原材料均须经过审核

VERT认证捕集器名录 [www.vert-certification.eu](http://www.vert-certification.eu)

VERT认证的生产企业均经过审核, 他们为产品的性能和运行提供2年质保。

捕集器系统多种多样, 这是因为应用对象的多样性, 例如城市公交、垃圾车、挖掘机、叉车和起重机就有很大差异。



经验是非常关键的。VERT认证捕集器的生产企业会从他们的产品中选出合适的捕集器, 在过去20年中, 所有类型的设备都反复进行过改造安装, 目前VERT的数据库中有约8000例改造档案可查阅:

[vert-certification.eu/j3/index.php/filters/filter-list-database](http://vert-certification.eu/j3/index.php/filters/filter-list-database)

为特殊案例选择捕集器

需要对工况情况进行分析, 特别是要分析尾气温度。捕集器生产企业会通过数据记录设备, 在2-3周时间内确定车辆设备的特定运行工况。

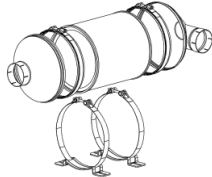
上述结果将决定捕集器应采用被动再生还是主动再生。这两种方式都是可行的且已经在许多产品系族上进行过实际验证

# 适配/测试/批准

捕集器系统需满足以下功能  
过滤 - 再生 - 电控监测 - 减少噪声



进气和出气端  
可变模块设计



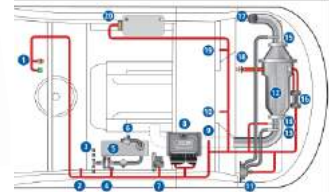
在固定到车辆框架上时  
必须考虑如何应对较强烈  
的震动



底部平行排列  
适用于较大型的发动  
机



FBC捕集器系统具备  
电控启动的再生装功能



所有捕集器系统均包括 电控 监测 (5)和  
报警 (1)装置; 这种主动式系统采用的是  
FBC再生 (6)

## 适配前

- 确认发动机维修保养良好, 技术条件符合要求。
- 更换低硫/磷/灰分(SAPS)的润滑油。
- 测量加速状态下的尾气烟度

尾气不透光烟度  $k < 1 \text{ m}^{-1}$

- 向捕集器供应商提供发动机和车辆数据(类型、里程数、车龄)、尾气不透光烟度值以及消音器结构图。
- 向捕集器供应商提供车辆设备运行状况和尾气温度信息, 如果不了解上述信息, 可在运行过程中测量尾气温度。
- 确定捕集器的再生方式(捕集器供应商)。
- 确定捕集器的尺寸(捕集器供应商)。
- 注意不要超过发动机生产企业规定的背压。

## 适配过程

- 让捕集器尽量靠近发动机。
- 拆除消音器—由颗粒物捕集器替代
- 安装捕集器, 确保其可以不受发动机震动的影响并带有减震悬挂。
- 在捕集器前部标注取下捕集器核芯的方法(清洁捕集器)以及操作说明。
- 出于安全考虑应对捕集器进行隔离。隔离层应将捕集器保持在较高的温度, 从而促进再生。
- 将OBD安装在不会接触到水的位置, 提供读取信息的通路。
- 连接压力和温度传感器, 安装用于远程车辆监控的数据传输装置。
- 在驾驶舱内安装警报装置。
- 内部员工团队培训。
- 储存用于更换的捕集器内芯和备用零部件。

## 批准测试

- 测试捕集器和电控设备的功能以及安装设置。
- 采用颗粒物计数器确认尾气排放数值。
- 确认背压。
- 确认噪声减少功能。
- 捕集器生产企业和车主/发动机主签订协议。

## 内容:



车辆运营商和捕集器生产企业的地址; 车辆、发动机及捕集器信息、最大RPM下的背压; 改造前后的不透光烟度值; 改造前后的噪声水平(可选); OBD功能检查和警报设置(可选); 提供捕集器改造的商户和车辆运营商的签字。

该测试/批准在买方、卖方和审核机构三方之间具备合约效力。测试结果必须被记录

在批准报告当中, 且由买卖双方签字并签署日期。这将是一份保障性文件。



## 安全因素





- 不得遮挡驾驶员视线。
- 周围环境温度和表面温度不得超标。
- 如有必要, 应安装加热外壳和捕集器隔离罩。
- 确保车辆底盘离地高度。
- 对于陆地运行和森林作业, 应安装火花熄灭器。
- 配套安装与固定标准规格(颗粒物捕集器要比替换下来的消音器更重)。

在进行颗粒物捕集器改造培训时, 应在驾驶舱内设置背压显示模块。驾驶员应可以随时有效地获得提示并在警报启动时(提示灯闪烁或断续开启)做出适当的反应。捕集器生产企业或改造商户应协助提供培训。必须有文件资料证明已经成功完成培训。



# 运行和维修保养

以下建议适用于所有安装了尾气后处理系统的柴油车,无论是原装设备或改装设备均适用。

				
压力和温度传感器,可对上游进行测量。	电控监测(OBD)和警报面板是标准配置,GSM是可选配置	温度和压力测量。	数据下载或GSM车辆控制。	在标签上注明保养期限。

## 综述

为了确保排放水平稳定,必须对捕集器和发动机进行常规检修和保养。电控监测设备能够提供一些支持信息。所有维修保养必须予以记录存档。在车辆设备上粘贴一张标签,注明下一次维修保养的时间。有计划的预防性检修可以降低相关成本。

## 定期核查

严格开展定期核查:尾气管密闭性、捕集器系统悬挂、电子设备连接以及压力测试的连续性。材质变色是过热的现象,尾气中出现黑烟则表明过滤不充分。

## 诊断数据

电控监测功能(OBD)可以提供尾气温度和尾气背压方面的临时数据。温度或背压过高会启动OBD警报。通过对记录数据进行分析,可以对捕集器系统进行详细评估并帮助我们做出产品改良方面的重要决策。

## 排放测试

在维修保养过程中,必须采用经过认证的PN测量设备对怠速下的颗粒物排放量进行测量。如果 $PN > 100'000 \text{ l/cc}$ ,则必须再次对捕集器上游排放进行测量,从而判定过滤效率。过滤效率低可能是由于捕集器损坏。如果过滤表层损坏不足10%,则可以对其进行维修,超过10%则必须更换过滤器。如果捕集器上游的PN排放数量过高,则说明发动机出现了问题,必须对发动机进行检查和维修。

## 再生添加剂

有一些DPF系统在运行时需要燃油添加剂(FBC)。只可以使用经过VERT认证的添加剂。要求添加剂销售商证明并确保添加剂不会对发动机造成负面影响。如果没有安装捕集器,则不要使用添加剂。

## 对发动机的影响

捕集器系统只会对发动机背压产生影响,改造后背压比此前替换掉的消音器所产生的背压略高一些。油耗会上升2-3%。在背压不长时间超过200 mbar上限的情况下,对于发动机及其运行基本没有影响。OBD系统会确保背压符合要求。

## 警报

必须有提示灯警报和提示音警报。无视警报有导致系统过热的危险。OBD监控系统要记录下所有被忽视的警报提示,并存放在不可清除错误记录当中,且持续忽视警报的行为会导致保修失效。

## 燃油和润滑油

正常情况下,燃油硫含量应低于10ppm。在硫含量较高的情况下,必须采用具备特殊耐硫性能的捕集器系统。柴油燃料和润滑油中都含有无法燃烧的灰分。这些灰分和发动机金属磨损的残渣会积存在捕集器当中。因此,仅可使用低灰分润滑油(又称低SAPS润滑油)。

## 捕集器清洁

因此,即使再生效果较好,当背压超过200 mbar时也必须定期对捕集器进行清洁。通常的清洗间隔应为1000运行小时,但使用低灰分润滑油的话,这一周期可以大幅延长。金属捕集器可以采用高压清洁设备进行人工清洁,陶瓷捕集器则不能用热水或水流进行清洁,而需要采用专门的清洁设备。下图为PURITECH公司的一款捕集器清洗系统。在经过检查后,捕集器滤芯会被加热至650°C以上,从而烧掉炭烟沉积物。然后,灰分会通过脉冲喷气被吹出。清洁率可达95%以上并可重复进行5-6次。灰分属于有毒废弃物,必须依照当地相关法规进行收集。为保护职业健康,捕集器清洁必须在密闭设备中进行。



# 故障&修复

大部分故障和损坏都是以下原因导致的：  
忽视警报、捕集器系统和发动机维修保养不善以及使用不适当的燃油或润滑油。



**捕集器堵塞** 是再生不充分导致的。一个紧急修复的方法就是在捕集器上喷上经过VERT认证的清洗液, 来松动炭烟沉积物。也可以对捕集器进行彻底清洁, 类似灰分清除的方式。如果车辆的运行方式发生改变, 如在尾气温度较低的状态下运行, 会导致沉积物大幅增加。在这种特殊情况下, 就必须改变再生方式。更多情况下捕集器炭烟沉积物增多, 继而堵塞是由于发动机燃烧劣化(喷油、涡轮增压)、捕集器进气口污染、润滑油消耗过快或涡轮增压故障(机油泄漏)导致的。

**捕集器断裂** 的情况下会看到尾气管中冒出的黑烟。从露出的捕集器核芯表面可以看出损坏的类型和程度。开裂可能是过热导致的。过热的原因可能是超载导致的, 也可能是忽视了警报。在捕集器损坏不严重的情况下, 可以将专门的陶瓷材质填补到破损处进行维修。

**OBD监测故障:** 这是一个非常严重的故障, 必须尽快修复, 从而确保安全性和有效性。请按以下步骤操作: 评估错误代码、检查尾气管、连接传感器并对所储存的数据进行分析。

**油耗较高且出现比较明显的动力损失** 通常是发动机方面的问题导致的, 而并非捕集器。捕集器对油耗和动力输出的影响只和背压有关。在200mbar的最大许可背压下, 对油耗和动力的影响仅为2-3%。除非是背压长时间超标且长期忽视警报提示, 在油耗升高动力损失时应优先检查发动机。背压超过500mbar会造成发动机过热, 会降低功率, 造成发动机难以启动, 甚至造成与排气管元件断开连接。

**噪声警报** 适用于泄漏或震动。这两项都是非常严重的故障, 很快就会严重损坏。必须立即进行诊断维修, 从而确保车辆以及驾驶员和乘客的安全, 因为巴士驾驶舱通常都不是完全密闭的, 这可能导致驾驶舱受到空气污染。

## 气味警报

适用于泄漏或过热。这两项都是非常严重的故障, 很快就会严重损坏。必须立即进行诊断维修, 从而确保安全。泄露可能是润滑油、燃油或添加剂发生泄露, 这些液体均是易燃物。车辆底盘上的过热材料, 例如塑料管口, 必须进行隔绝或隔热处理。

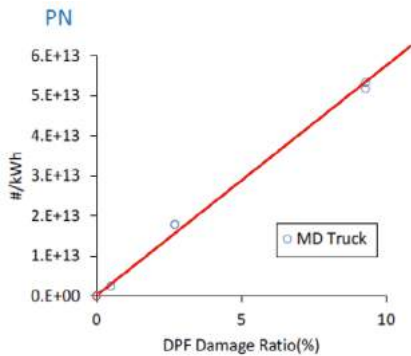
## 白烟

通常是捕集器上在夜间凝结的冷凝水或雨水蒸发产生的水蒸气。避免管路端口完全垂直或是采用自动开合的顶盖进行封闭。

## 安全规定和问题答疑

详见VERT捕集器名录和问题答疑:

[www.VERT-certification.eu](http://www.VERT-certification.eu)



可以通过测量PN数量来测定损坏程度。

来源: Yamada, ETH-NPC 2015



内部断裂可以很明显的看出来, 在捕集器的出口端可以看到单个的黑色孔径。

# 控制和诊断

优良的管理才能保障切实减排。  
管理手段包括车载诊断、工厂核查和官方管理检查。

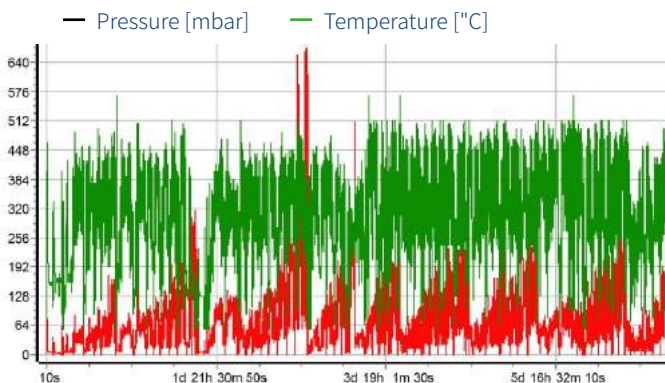


所有VERT认证的捕集器均**必须进行OBD电控监测**。捕集器前端的背压和温度数据会逐秒进行记录。这些记录下来的数据要储存至少3个工作月。补充错误数据则不得清除。储存的数据可以本地获取或通过GMS无线传输至监管中心站点。OBD会对传感器信号和自身状态进行监测，发起警报，持续获取捕集器和发动机反馈的信息并为维修保养提供数据基础。

在安装了颗粒物捕集器后，**必须由捕集器生产企业对颗粒物数量[1/cc]进行测量**。在进行现场测量时，测量设备应符合以下要求：

- 瑞士VAMV 2000指导标准中对气体排放物测量设备进行了规定
- 瑞士VAMV 2012指导标准中对颗粒物浓度(PN)测量设备进行了规定

<http://www.admin.ch/ch/d/as/2012/5371.pdf>



测量设备为TSI生产的凝结核粒子计数器或是TESTO和其他生产企业生产的纳米颗粒荷电设备。这些设备均为商业化流通设备，且较为可靠。这些设备即使在低怠速条件下也能够准确的测量出过滤效率，这些设备的精度可以检测出1%的捕集器劣化，从而可以在成本较低的情况下对捕集器故障进行维修。在气体排放物测量方面，TESTO、AVL、MAHA 和其他生产企业均有多种可以用于现场测量的设备。这些设备是基于电化学电极或是红外传感器。进行排放测量是诊断发现发动机劣化的关键。

**发动机诊断**的难度在安装了捕集器以后会有所增加，因为捕集器会“掩盖”发动机故障。发动机产生的黑烟和气味会被捕集器收集，在发动机要发生故障时不再会有非常明显的现象提示。因此，尾气测量是尽早发现发动机故障的必要手段，从而可以尽早维修，减少维修成本。

**警报** 警报是以声音和视觉形式告知驾驶员或将警报信息通过无线传输发送至监管中心。此外，这些警报将作为瞬时证据被存储下来。这样可以帮助找出故障的原因。通常，警报可分为：

- 背压超过150mbar启动预警 (黄色警报)
- 背压超过200mbar启动主警报 (红色警报)
- 背压迅速下降说明捕集器损坏
- 背压超过200mbar应进行清洁

当超过警报限值时，允许降低发动机功率来作为应对措施。不过，这需要征得运营者的许可。不允许避开捕集器监测

## 经过VERT认证的颗粒物捕集器和设备生产企业

**Baumot AG** | marcus.hausser@twintec.de

**Baumüller & Partner GmbH** |

info@baumueller-partner-gmbh.de

**CDTi** | IMacDonald@cdti.com

**CPK Automotive GmbH & Co KG** |

kovac@cpk-automotive.com

**EHC Tecnic AG** | rolf.johnson@ehcteknik.se

**EMINOX** | luke.donnely@eminox.com

**ESW Group** | mstreichsbier@eswgroup.com

**Giuzhou Huangdi Diesel Enigne Cleaner C. Ltd** |

huibohuang@huang-di.com

**HJS Fahrzeugtechnik GmbH & Co. KG** |

Axel.Middendorf@hjs.com

**HUG Engineering AG** | peter.schippers@hug-eng.ch

**Johnson Matthey GmbH** | peter.werth@matthey.com

**Krone Filtertechnik GmbH** | rkrone@krone-filter.de

**Landson Emission Technologies A/S** |

johnny.marcher@landson.dk

**Paul Nöthiger Electronic** | pne@pop.agri.ch

**Pirelli & C. Ambiente S.r.l** | liliana.baldassarre@pirelli.

com

**PURITech GmbH & Co. KG** | bernhard.kahlert@puritech.de

**StarfilterSystems Pte. Ltd.** |

richard.hell@starfilter-systems.com

**Tehag AG** | b.franken@tehag.com

**Testo AG** | LCachon@testo.de

**TSI GmbH** | jurgen.spielvogel@tsi.com

**Wuxi Weifu Lida Catalytic Converter CO.,LTD.** |

zengxiang.chen@weifu.com.cn

## 词汇表

**CNC:** 凝聚核粒子计数器

**荷电器:** 在计数之前对颗粒物进行带电处理

**DOC:** 柴油车氧化催化器

**DPF:** 柴油车颗粒物捕集器

**GMS:** 无线数据传输

**低 SAPS:** 低硫、低磷、低灰分润滑油

**mbar:** 1/1000巴

**纳米nm:** 10<sup>-9</sup> 米; 百万分之一毫米

**纳米颗粒:** 可进入肺部的颗粒物 < 1000 nm

**OBD:** 车载诊断=电控监测

**OCDE:** 经济合作与发展组织

**不透光度:** 尾气不透光度单位k [1/m]

**PM:** 每千瓦小时颗粒物质量

**PN:** 每立方厘米颗粒物数量

**ppm:** 百万分之比例

**次级排放物:** 在PDF、DOC和SCR中均可出现

**VAMV:** 瑞士尾气指导标准

**VERT:** 减排技术认证

**WHO:** 世界卫生组织

## 编辑

Dr. h.c. Andreas Mayer, TTM | Thomas W. Lutz, ETH/LAV |

Volker Hensel, aurigna consulting

## 英文翻译

**Dr. Lebius Matthews** LebM@gmx.net

## 出版印刷

VERT-Association • c/o JCA Treuhand AG • Aemetstrasse 3 /

CH-8166 Niederweningen • Switzerland • [www.VERT-certification.eu](http://www.VERT-certification.eu)

印刷日期 2016年10月/中文译文 2017年 10月

## 图片来源及版权所有方

封面和封底页: istock

第2页: 左上图来自Lennart Nilsson, 右上图来自Dr. Belot PSA

第4页: HJS Fahrzeugtechnik GmbH & Co. KG;

第5页: 左起图3图4 来自CPK Automotive GmbH & Co KG

第6页: 右下图来自PURITech GmbH & Co.KG

第7页: 左上图来自Paul Nöthiger Electronic, 左起图2来自 CPK Automotive GmbH & Co KG; 左起图3来自TSI GmbH, 左起图4图5来自Testo AG。

## 法律免责声明

尽管经过所有参与方认真的审核, 但仍不可绝对避免产生错误和疏漏。因此, 我们无法确保本文内容的正确性、完整性和时间线准确性。本文的编辑和出版人员不对本文的内容及其影响承担责任。

VERT在其网站上发布了大量关于颗粒物捕集器改造的信息。网站同时还拥有一个改造车辆和改造设备的综合性数据库。VERT捕集器名录中列出了经过认证的捕集器系统及其生产企业  
[www.VERT-dpf.eu](http://www.VERT-dpf.eu)

除特别声明外, 本文所有内容的版权属于VERT, 经VERT书面同意后方可部分或全部复制使用。

本文的PDF电子版文档可从以下链接下载:

[www.VERT-certification.eu](http://www.VERT-certification.eu)