

# 汽车尾气污染的生成机理以及治理措施研究进展

管锡珺,仇模凯,夏丽佳,张明辉,陈修硕,刘晓茹,唐 振

(青岛理工大学 环境与市政工程学院,山东 青岛 266033)

**摘要:**对汽车尾气污染的生成机理和危害进行了分析,探讨了汽车尾气污染的治理措施,并对未来汽车尾气的净化技术进行了展望。

**关键词:**汽车尾气污染;生成机理;尾气危害;治理措施

**中图分类号:**X701 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-349X(2018)03-0046-04

**DOI:**10.16160/j.cnki.tsxyxb.2018.03.010

## A Research Progress in the Formation Mechanism and Control Measures of Automobile Exhaust Pollution

GUAN Xi-jun, QIU Mo-kai, XIA Li-jia, ZHANG Ming-hui,

CHEN Xiu-shuo, LIU Xiao-ru, TANG Zheng

(School of Environmental and Municipal Engineering, Qingdao University of Technology,  
Qingdao 266033, China)

**Abstract:** In this paper, the mechanism and hazard of automobile exhaust pollution are analyzed and the treatment means are discussed. The future technology of automobile exhaust purification is predicted.

**Key Words:** exhaust pollution; mechanism; hazard of automobile exhaust; treatment means

## 0 引言

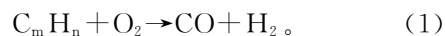
汽车作为现代化交通的主要工具,给人们的日常生活带来了极大便利,与此同时,汽车尾气排放的污染物,对大气环境造成了严重污染。调查报告显示,汽车排放的尾气占大气污染源总量 50% 以上,而且汽车尾气排放的污染物中一氧化碳占城市空气中一氧化碳的 90% 以上、碳氢化合物占 60% 以上、氮氧化物占 30% 以上<sup>[1]</sup>。这些含有高污染物的气体使人类的生存环境受到极大威胁。而且微生物的传播、有毒化学污染物的渗入、大气的光化学反应以及温室效应等都与尾气污染有关<sup>[2]</sup>。因此控制及治

理汽车尾气排放污染,已经成为目前亟待解决的大问题。

## 1 汽车尾气污染的生成机理和危害

### 1.1 一氧化碳的生成机理和危害

在汽车发动机汽油的燃烧过程中,混合气体在气缸内燃烧不够充分,从而生成了大量的一氧化碳,这主要是因为氧气含量不足,导致气缸内可燃混合气浓度过高(化学反应式如式 1),其空燃比低于理论空燃比 14.7。



一氧化碳是一种无色无味的有毒气体,不易与其他物质发生反应,因而成为大气成分中

**作者简介:**管锡珺(1964—),男,山东青岛人,教授,博士,主要从事水污染控制研究。

比较稳定的组成部分,能停留2—3年<sup>[3]</sup>。当人吸入空气中过多的一氧化碳后,一氧化碳会迅速融入血液,与血液中的血红蛋白结合,阻碍血液吸收和输送氧气,严重时可致人中毒死亡。

### 1.2 碳氢化合物的生成机理和危害

碳氢化合物生成机理主要是:一方面,因为汽车气缸激冷面作用,气缸的温度相对较低,因此其内壁上会附着一层难以燃烧的混合气,加上活塞壁与气缸壁之间的距离过小,导致混合气无法有效燃烧,使得活塞壁与气缸壁之间的未燃混合气直接排入大气;另一方面,当汽车发动机工作时,若混合气的浓度太高或者太低,又或者气缸内存在大量的残存废气,都会影响火焰的正常传播或者发动机停转,导致汽车熄火,产生大量的烟气,使得碳氢化合物的排放量增加。

汽车尾气产生的碳氢化合物会在紫外线强烈照射下发生光化学反应,进而产生大量的醛类、烃类、苯类和硝酸酯类等性质复杂的化合物。其中烃类会阻碍植物的正常生长;苯类对人体器官功能和思维能力产生干扰,导致身体不适、头疼、无食欲等,严重时还可引起血液变化,血小板数量降低,造成人体凝血功能下降与骨髓功能减弱,增加白血病的发病率<sup>[4]</sup>。人的眼、鼻和呼吸黏膜等对空气中过量的碳氢化合物具有较强的敏感性,严重威胁人的身体健康。

### 1.3 氮氧化物的生成机理和危害

氮氧化物是汽车发动机大负荷工作时产生的一种褐色有臭味的废气,汽车尾气中的氮氧化物大部分是一氧化氮(96%~98%),二氧化氮的含量很少。因为发动机在工作的过程中,燃料在气缸内部燃烧,产生高温,气缸内的氧分子分解为氧原子,氧原子与氮分子在高温条件下发生化学反应,生成一氧化氮和氮原子(化学反应式见式2,式3),氮原子再与气缸内的氧气发生化学反应,再次生成一氧化氮,进而又导致气缸内的氧气含量降低,造成不良的循环(化学反应式见式4)。若在低温环境条件下,以上反应基本上是向着相反的方向进行,导致一氧化氮分解比较缓慢。如果气缸内的温度突然降

低,则一氧化氮不能及时分解,会随着部分混合气排出,与大气中的臭氧结合后,生成毒性较强的二氧化氮<sup>[5]</sup>。



大气中过量的氮氧化物被人吸入肺部之后,在肺泡中发生生化反应变为亚硝酸和硝酸,对肺组织产生强烈的刺激和伤害。其中的亚硝酸盐与人体内的血红蛋白结合,形成变性血红蛋白,在一定程度上导致人体组织缺氧。空气中的氮氧化物会对人的身体健康产生不同的伤害,比如刺激咽喉、眼角膜、鼻黏膜,导致呼吸系统失调,严重时使人出现肺气肿而死亡<sup>[6]</sup>。此外,酸雨和光化学烟雾的形成也是由大气中的氮氧化物所致,含有氮氧化物的酸雨和颗粒沉降到水系中会造成水体富营养化<sup>[7]</sup>。

### 1.4 颗粒物的生成机理和危害

颗粒物主要包括炭烟、油雾等。炭烟是指柴油发动机燃烧不完全和熄火时所排出的黑色烟雾,炭烟微粒是肉眼可见的,在空气中与沙尘和雾气结合,严重影响大气、道路的能见度。炭烟含有一定成分的化学物质,比如带有特殊臭味的乙醛和烯烃等,如果长时间生活在这种环境中,人过量吸入后会感到恶心和头晕;而由炭烟组成的固体悬浮颗粒物漂浮在空气中,随着人们的呼吸进入肺部,并以扩散、碰撞、沉积等方式滞留在呼吸道的不同部位,引起呼吸系统疾病,严重时导致恶性肿瘤<sup>[8]</sup>。此外,空气中的固体悬浮颗粒物还能直接接触皮肤,阻塞皮肤的汗腺和毛囊,引起皮肤病。油雾含有多环芳烃、苯系物、烯烃等化学物质,这也是形成光化学烟雾的前体物之一,主要是在汽车运行过程中燃油箱正常工作时和在加油站加油过程中产生的<sup>[9]</sup>。而其中的苯系物和烯烃是致癌物质,严重危害人体健康。

## 2 汽车尾气污染的治理措施

### 2.1 控制燃烧

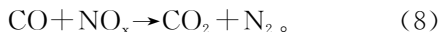
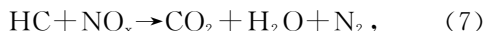
依据汽车发动机有害污染物的形成机理,通过改进发动机燃烧室结构,对发动机的燃烧

过程进行优化,以达到降低排放的目的;或者通过改进点火和进气系统,采用电控汽油喷射、电控点火和废气再循环技术等<sup>[10]</sup>,达到控制燃烧,减少或抑制污染物生成的目的。

喷油器的质量得到改善,通过控制燃烧条件(空燃比、燃烧温度、燃烧时间等),可使油缸内的燃料燃烧完全,一氧化碳、碳氢化合物及煤烟的排放会进一步减少;或者通过调整燃油泵的供油量,使发动机的功率降低,进而雾化的燃料有足够的氧气进行完全燃烧,也可以减少一氧化碳和碳氢化合物及煤烟的生成。

## 2.2 尾气吸收

为了减少汽车尾气的排放,科研工作者研发出了三元催化转化技术,即当高温的汽车尾气通过三元催化净化器时,可将汽车尾气排出的一氧化碳、碳氢化合物和氮氧化物等有害气体通过化学作用转变为无害的二氧化碳、水和氮气,从而使汽车尾气得以净化<sup>[11]</sup>。比如可以利用氧化锰—氧化铜、氧化铬—氧化镍—氧化铜等金属氧化物,在三元催化反应器中,将一氧化碳氧化成二氧化碳,碳氢化合物氧化成水和二氧化碳,氮氧化物还原为氮气等,其化学反应式如式 5—8。



还有一种汽车尾气处理方式是对尾气进行水洗,在尾气排放口安装一个水箱,使汽车尾气排出之前通过水箱,经过过滤以及蒸汽淋浴,将尾气中的有毒物质粘在碳粒上,使得尾气中的碳粒膨胀,去除大部分有毒有害物质。

## 2.3 选择清洁燃油

(1)燃油质量是影响汽车尾气排放的关键因素,要减少尾气排放,可以使用绿色燃油或者改进燃油品质,使油品燃烧时不产生对人体和环境有害的物质,或有害物质十分微量。通过在汽油中添加石墨和二硫化钼等添加剂,不但可以提高气缸的密封性能,促进燃油充分燃烧,而且还可以节约汽车燃油,进而降低一氧化碳、

碳氢化合物和氮氧化物的排放量,减少对大气环境的污染。

(2)使用压缩天然气(CNG)或液化石油气燃料。CNG 燃料的优点之一是热效率高和清洁无污染。由于天然气在气缸内可以同空气均匀混合,燃料完全燃烧,所以发动机的热效率高。天然气中的辛烷值高达 107 以上,抗爆性能非常好,能提高发动机的热效率,使发动机运转更平稳<sup>[12]</sup>。而且天然气燃烧过程中不产生焦油,无积碳,且燃烧后的产物呈气态,无污染物排放,润滑油不会被稀释。

(3)由天然的油脂和甲醇(或乙醇)经过化学方法加工合成的生物柴油是一种可再生的能源,它对环境无污染,可以直接在柴油机上使用,或者与柴油以任意比例混合使用。使用生物柴油不但能减少一氧化氮、碳氢化合物和氮氧化物的排放,降低空气污染,而且还是清洁的可再生能源。生产和使用生物柴油对发展我国经济具有积极的作用,可以减少石油的开采和供给,满足可持续发展的要求。

## 2.4 促进高效燃烧

控制汽车尾气排放的技术有很多,但大多数投资大、见效慢,也不符合循环经济发展的规律。为了促进汽油和柴油的高效燃烧,可以按比例添加适量的燃油催化剂。因为一般车用燃油中都含有微量的水,而添加适量的燃油催化剂可以把这些水充分细化和分散,形成数以万计的小油包(里面是水),然后在高温的作用下,小油包在密封性非常好的燃烧室内迅速膨胀汽化发生“微爆”现象,即二次雾化现象,从而使燃气混合更加均匀,汽油燃烧更加充分完全,达到节约油耗、清除积碳、减少尾气排放的目的。

研究表明,汽车尾气排放过多的问题,90% 是因发动机磨损而引起的。而发动机磨损会导致缸筒内密封不足、动力下降及烧机油现象,从而增加燃烧室积碳,增加能源消耗,排放出大量汽车尾气<sup>[13]</sup>。可以添加纳米微粒润滑添加剂,因为纳米微粒润滑添加剂具有特殊的物理化学性能,在摩擦学领域表现出独特的优势,因此利用纳米微粒尺寸小、活性高的特性将其添加到润

滑油中,可以实现发动机磨损原位修复,提高燃油效率,从而降低能耗,减少有害气体的排放。

### 2.5 严格执行国家燃油标准和汽车检测标准

采取有效的行政管理手段,加强对汽车尾气污染的管理是非常有必要的,其主要体现在如下方面:①依据国家的质量技术标准与要求,制定汽油和柴油的标准,不合格燃油不准出售与使用;②对未通过性能检测与排气检测的车辆强制执行报废制度。

### 2.6 做好交通建设与管理

①保障机动车车道的畅通;②拓宽道路,合理修建地下通道与立交桥;③扩大街道的绿化面积;④采取交通管制措施,有效控制车流量。

### 2.7 加强环保宣传

加强环保教育,引导公民树立环保意识,尽可能选择绿色出行方式。购买汽车时,尽量购买使用天然气、乙醇汽油等无污染或者污染较小的汽车。教育公民自觉遵守交通法规,确保道路的畅通,以减少汽车尾气排放污染。

## 3 汽车尾气净化技术展望

### 3.1 磁化净化技术

利用磁性原理及磁驱动技术,改变汽油和柴油的分子结构,使燃油能够充分燃烧,提高燃烧率,使不可燃烧的物质在高温的条件下内部分子结构发生改变,进而达到使其完全燃烧的目的,提供更多的热量,增加发动机的旋转扭力<sup>[14]</sup>。实践证明,利用磁化净化技术可使汽车发动机尾气排放削减60%以上。

### 3.2 等离子体处理技术

等离子体是通过强电离放电产生的,通常利用电晕放电、辉光放电、介电位垒放电、沿面放电或介质阻挡放电等产生<sup>[15]</sup>。而产生的等离子体中含有的大量高能电子、离子、激发态粒子,其平均能量高于一般气体分子分解、分解电离、分解附着等过程所需的激励能量,利用等离子体体系中的活性粒子产生的大量能量强化(催化)氧化还原反应,将汽车尾气中的有害物质通过氧化、还原或解离从而转化为无害或低害物质,以达到降低环境污染的目的。

### 3.3 纳米催化技术

纳米技术可以制成非常好的催化剂,纳米微粒尺寸小,比表面积大,表面原子的活性高,极不稳定,很容易与其他原子结合,所以纳米粒子具有高表面结合能和很高的化学活性,作为催化剂材料可显著提高其吸附和催化性能<sup>[16]</sup>。纳米材料用于汽车尾气催化,有极强的氧化还原性能,能够起到尾气净化催化效果。

## 4 结语

当前汽车尾气对环境造成的严重污染是非常棘手的问题,我国政府连续颁布多条法律法规治理大气污染,在控制汽车尾气排放方面颇有成效。各汽车生产商积极响应政府号召,进行高效、低耗、环保车型的研发,提供高效耐用的尾气净化产品。与此同时,还要继续加强宣传,增强公民节能减排意识,自觉遵守规章制度,以实际行动为环境保护作出贡献。

### 参考文献:

- [1] 李滨丹,吴宁. 探讨汽车尾气污染危害与对策[J]. 环境科学与管理,2009,34(7):174-177.
- [2] 白杨. 浅析机动车尾气排放控制方法[J]. 环境保护与循环经济,2015,35(1):61-64.
- [3] KANG W S, LEE D H, Lee J O, et al. Combination of plasma with a honeycomb-structured catalyst for automobile Exhaust Treatment[J]. Environmental science & technology,2013,47(19):11358.
- [4] 徐志强,杨立波. 汽车尾气危害及控制对策[J]. 化工管理,2016(17):268.
- [5] 曹磊. 汽车尾气净化催化剂的研究进展[J]. 污染防治技术,2008,21(3):70-72.
- [6] 黄建洪,宁平,罗永明,等. 汽车尾气净化催化剂研究进展[J]. 环境科学导刊,2003,22(S):158-160.
- [7] CHEN W. Device for combustion and purification treatment of automobile smoky exhaust [J]. Diagnostic microbiology & infectious disease,2005,51(3):165-71. (下转第83页)

好趋势,其影响程度持续增长。未来应更加重视物流仓储相关土地供给,同时注意物流仓储的布局,以确保物流运输的效率,使得社会经济与物流行业相互促进,协调发展。

总之,土地资源是有限的,提高土地的利用效率、坚持可持续发展是土地管理的政策方向。政府应发挥合理的主导作用,推进土地市场的发展。由于各地区的规划管理水平与利益诉求有差异,需要依据其发展情况制定合适的城市规划以及管理办法,因地制宜,与时俱进,协调发展。

### 参考文献:

- [1] 王爱民,刘加林,尹向东. 深圳市土地供给与经济增长关系研究[J]. 热带地理, 2005(1):19-22.
  - [2] 龙奋杰,郭明. 土地供给对中国城市增长的影响研究[J]. 城市发展研究, 2009(6):83-87.
  - [3] 黄凌翔. 土地供给经济系统运行时空变化特征及政策绩效评价研究:基于宏观调控视角[J]. 当代经济管理, 2015, 37(4):74-78.
  - [4] 马克星,刘红梅,王克强,等. 上海市土地市场供给侧改革研究[J]. 中国土地科学, 2017, 31(1):37-47.
  - [5] 匡兵,卢新海,周敏,等. 武汉城市群城市用地结构时空演变特征及其机理[J]. 经济地理, 2016, 36(5):71-78.
  - [6] 陈治国,李成友,刘志有. 中国城市土地供给政策对住房价格和城市发展影响研究[J]. 现代财经, 2015, 35(9):24-33.
  - [7] 高金龙,陈雯. 转型期中国城市用地结构动态演变及其机理:基于长三角 51 个样本城市的实证研究[J]. 长江流域资源与环境, 2017, 26(4):540-551.
  - [8] 王苗. 市政设施建设养护管理[J]. 住宅与房地产, 2016(6):34.
  - [9] 李子奈,齐良书. 关于计量经济学模型方法的思考[J]. 中国社会科学, 2010(2):69-83.
- (责任编辑:李秀荣)
- 
- (上接第 49 页)
- [8] 屠约峰. 天然气汽车尾气净化催化剂研究进展[J]. 工业催化, 2017(7):14-17.
  - [9] BHARATHIRAJA M, VENKATACHALAM R, TIRUVENKADAM N. Experimental analysis of exhaust gas after treatment system using water scrubbing in a single cylinder diesel engine for diesel and biofuel blends [J]. Transportation research part D transport & environment, 2016, 49:291-300.
  - [10] 李龙. 生物柴油的研究现状及发展趋势[J]. 环境保护与循环经济, 2008(2):22-25.
  - [11] DENG Y D, CHEN Y L, CHEN S, et al. Research on integration of an automotive exhaust-based thermoelectric generator and a three-way catalytic converter [J]. Journal of electronic materials, 2015, 44(6):1524-1530.
  - [12] MAI P P T, TIEN N T, MINH T L, et al. The application of high surface area cordierite synthesized from kaolin as a substrate for auto exhaust catalysts[J]. Journal of the chinese chemical society, 2015, 62(6):536-546.
  - [13] 张京. 浅谈汽车尾气污染及其治理的发展方向[J]. 黑龙江交通科技, 2009, 32(4):117-118.
  - [14] 周礼. 汽车尾气污染防治综述[J]. 工程设计与研究, 2011(2):42-44.
  - [15] GULATI K, BANERJIR B, LALL S B, et al. Effects of diesel exhaust, heavy metals and pesticides on various organ systems: Possible mechanisms and strategies for prevention and treatment [J]. Indian journal of experimental biology, 2010, 48(7):710-730.
  - [16] 亚力庆·克里木. 汽车排放对环境的影响及防治和控制办法综述[J]. 新疆交通科技, 2015(3):82-83.
- (责任编辑:夏玉玲)