

生物酶不同构型载体改装进气系统 对汽车 VOCs 排放的影响

徐晔^{1,2}, 王广林¹, 郭晓平¹, 张金池^{1*}

(1. 南京林业大学森林资源与环境学院, 南京 210037; 2. 安徽省公共交通安全科学研究院)

摘要:本研究报道基于生物酶的不同构型载体改装汽车进气系统对 VOCs 排放的影响。按照不同的比表面积, 分别采用了普通 PVC 塑料管材内壁涂刷生物酶(P)、蜂窝状陶瓷管材内壁涂刷生物酶(C)、金属纤丝表面涂刷生物酶(M)3 种构型改装汽车进气系统。通过汽车静态空载和路试实时采集排放尾气样本后, 用 GC-MS 对汽车尾气中挥发性有机化合物 VOCs 进行分析。结果表明:从检测到的总烃体积分数看, 改装后的效果分别为 M > C > P。其中以处理 M 结构的效果最佳, 其排放的总烃体积分数分别是 P 的 7.70%、C 的 7.87%。从本研究的 VOCs 的成分看, 经处理 M 结构改装汽车进气系统后, 未检测到乙苯等 11 种芳香性 VOCs 的成分, 以及 2,2-甲基-丁烷等 8 种烷烃、环戊烯等 2 种环烯烃, 和烯烃中 2-甲基-1-丁烯、2-戊烯。结果表明, 生物酶-金属纤丝构型载体改装的汽车进气系统, 尾气中的苯系物排放物苯、甲苯和二甲苯平均分别比对照降低 34.48%、29.41% 和 27.03%。

关键词:生物酶-金属纤丝构型载体; 汽车; 进气系统改装; 挥发性有机物; 排放

The effects on automobile VOCs reduction converted with the different device configurations by Bio-enzyme surface treatment in air intake system // XU Ye, WANG Guang-lin, GUO Xiao-ping, ZHANG Jin-chi

Abstract: The effects of three configurations (treatment P, PVC pipe inner-wall coated with the bio-enzyme; treatment C, honeycomb ceramic pipe wall coated with the bio-enzymes; treatment M, metal filaments coated with bio-enzyme) based on bio-enzyme carrier refitted in car air intake system were evaluated by emissions of VOCs. The non-refitted working condition was taken as the control. The components and amounts of VOCs were detected by GC-MS. The results showed that, VOCs reduction power was in the order of M > C > P according to the total volumetric fraction of VOCs. The VOCs emission of the treatment M was lowest both in components and amounts. The total volumetric fraction of VOCs for treatment M was only 7.70% of the treatment P and 7.78% of treatment C, respectively. Aromatic VOCs (2-methyl propyl-benzene, 1,2,5-trimethylbenzene, 1-methyl-3-propyl-benzene, diethylbenzene, 1-ethyl-2,4-dimethyl-benzene and 2-ethyl-1,4-dimethyl-benzene), alkane (2,2-methyl-butane, 2-methyl-pentane, 3-methyl-pentane, hexane, decane, 4-ethyl-decane, 5-methyl-decane and undecane) and olefins (2-methyl-1-butene, 2-pentene, cyclopentene and methyl-cyclopentene), as well as aromatic hydrocarbon (ethylbenzene, 1-ethyl-2-methyl-benzene, 1-ethyl-2-methyl-benzene and 1,2,4-mesitylene) were not detected under the working condition with treatment M. The exhaust BTEX emissions in the automobile with the device refitted bio-enzyme air intake system were greatly reduced. In contrast, the exhaust BTEX emissions of the control was 2.9 folds for benzene, 3.4 folds for toluene and 3.7 folds for dimethylbenzene, over the means of the treatments in air intake system, respectively.

Key words: bio-enzyme coating on metal filaments; automobile; intake system refitted; VOCs; emission control

First author's address: College of Forest Resources and Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China

大气中挥发性气体一般是指沸点在 50 ~ 260℃、室温下饱和蒸汽压超过 133.32 Pa 的易挥发有机化合物, 主要为低沸点多环芳烃、烃类、卤代烃类等。这类化合物在大气中的浓度不高, 但会对人体造成潜在

的危害^[1]。有报道表明, 挥发性有机物 (VOCs) 在臭氧及其光化学氧化剂的形成中起着重要的作用^[2]。

由于汽车燃料的不完全燃烧, 汽车尾气排放的 VOCs 量占大气中的 35% 以上^[3]。在机动车排放的 VOCs 中, 苯系物主要来源于碳氢化合物的不完全燃烧^[4-5], 包括苯、甲苯、乙苯、二甲苯等, 是一组对人类健康有重要危害的芳香烃类化合物。有关汽车 VOCs 排放特征的研究, 国外开展得较多^[6-8], 国内则相对

收稿日期: 2013-04-25

修回日期: 2013-05-29

基金项目: 公安部理论及软科学研究计划项目 (编号: 2008LLYJAHST020)。

作者简介: 徐晔 (1964 -), 男, 副研究员, 博士生, 从事汽车工程、生物技术等研究工作。通讯作者: 张金池, 男, 教授。E-mail: zhang8811@njfu.edu.cn

较少^[9-10]。

在整个汽车工程中,减排研究一直是其关键性的核心技术研究领域。目前降低尾气中的有害气体排放主要通过优化发动机结构,发展智能的生态发动机系统(Eco-Tech. System),排气系统后置尾气催化处理或提高油品质量等技术策略。而通过汽车进气系统结构的改装,改变汽车 VOCs 排放特征的道路则不多。本研究在引进了日本的“ECHOMIND”技术时,委托交通部汽车运输行业能源利用检测中心,对该技术的核心产品——生物酶的作用和功效进行了检测。结果表明,该生物酶具有节能减排的效果。进而以该生物酶为基础,研究了以不同材料的构型为载体,进行汽车进气系统的改装及其功效的研究。采集静态空载和路试实测两种条件下测试车辆的尾气样本,利用 GC-MS 技术分析进气系统改装后尾气的 VOCs 特征,探讨生物酶及其不同材料构型改装进气系统对汽车尾气的 VOCs 排放影响,为有效控制机动车有毒、有害气体的排放提供实验依据。

1 材料与方法

1.1 材料仪器

供试车辆为大众桑塔纳普通型(2.0 排量),2006 年产,行驶里程为 4.8 万 km,测试车辆正常保养维护,燃料为 93 号汽油。以进气系统未作改装时的工况数据为对照。

生物酶为日本的“ECHOMIND”技术改进型产品,酶与载体的构型分别采取普通 PVC 塑料管材内壁涂刷生物酶(P)、蜂窝状陶瓷管材内壁涂刷生物酶(C)、金属纤丝表面涂刷生物酶(M)3 种基于生物酶的不同构型载体(以下简称“不同构型载体”)改装测试车辆的进气系统。

尾气样品的分析仪器为 Nutech 3550DS 预浓缩系统(美国 Nutech 公司);6890N 气相色谱仪(美国 Agilent 公司);5973 inert 质谱仪(美国 Agilent 公司);Airchek sampler model 224-PCXR4 采样泵(美国 SKC 公司);PGM-7340 ppbRAE 3000 挥发性有机物检测仪(美国 RAE 公司)。

1.2 样品采集

汽车排气管排放出的尾气用 Airchek sampler model 224-PCXR4 采样泵以 1 L/min 抽入 PGM-7340 ppbRAE 3000 挥发性有机物检测仪,当有机物显示值稳定 1 min 后,阀门切换进入 1 L 的真空袋,每次采样时间 1 min。车辆选择在道路宽阔平坦、无红绿灯的郊区道路以 50 km/h 匀速行驶进行测试采样。

1.3 分析方法

样品先经过 Nutech 预浓缩系统的浓缩并加热释放,然后进入 GC-MS 系统进行定性和外标法定量。正己烷、苯、甲苯和二甲苯采用外标法定量,烷烃、烯烃和环烷烃采用正己烷相对定量,其他芳烃类采用甲苯相对定量。各方法的最低检出限和精密度见表 1。

表 1 最低检出限和精密度

分析项目	最低检出限/($\times 10^{-9}$)	精密度 RSD/%
正戊烷	3.0	4.9
苯	3.0	4.5
甲苯	2.0	4.2
乙苯	3.0	6.2
邻二甲苯	3.0	3.8
对二甲苯	3.0	3.8
间二甲苯	2.0	4.3
1,2,3-三甲苯	2.0	3.9
1,2,4-三甲苯	3.0	5.6
1,3,5-三甲苯	3.0	4.1

1.4 数据处理

为消除可能的污染,每批样品分析前后均进行空白测定。标准气体与每一批样品同步分析,以检验仪器的稳定性,如偏差较大,及时查找原因,校正工作曲线。依据有机物检测仪测定结果,按浓度从低到高进行测定,以消除浓度差别对测试结果的影响。数据均为 6 次测定结果的均值。

2 结果与分析

2.1 不同构型载体对汽车排放挥发性有机物成分的影响

进气系统改装后,经检测的尾气排放数据见表 1。尾气中共检测出挥发性有机气体成分 46 种。其中,烷烃类 24 种,烯烃类 5 种,芳香烃类 17 种(表 2)。对照车辆尾气中总烃的体积积分为 334.15×10^{-6} ,远远高于不同构型载体对进气系统改装处理车辆的平均总烃积分数 104.25×10^{-6} 。其中,对照车辆尾气的 VOCs 中烷烃和环烷烃占了总烃的 96.68%。芳香烃的体积积分虽然较低(仅 3.32%),但是其相对于用不同构型载体进气系统改装后的车辆来说,该绝对值已高出很多。另外,从检测出的总烃种类上看,不同构型载体的处理组均未检测到 2-甲基丙基-苯、1,2,5-三甲苯、1-甲基-3-丙基-苯、二乙苯、1-乙基-2,4-二甲基-苯、2-乙基-1,4-二甲基-苯等芳香性 VOCs 的成分。从检测到的总烃体积积分数看,生物酶载体的效果为金属纤丝 > 蜂窝陶瓷 > 普通 PVC 塑料管,金属纤丝表面涂刷生物酶的效果最佳,其排放的总烃体积积分数分别是涂壁的 7.70%、蜂窝陶瓷的 7.87%。

表2 VOCs成分(n=6)

/($\times 10^{-6}$)

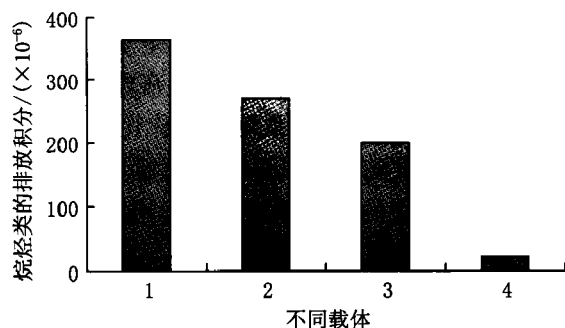
VOCs	CK	P	C	M	VOCs	CK	P	C	M
2-甲基-丁烷	7.23 ± 4.21	3.71 ± 2.08	2.67 ± 1.87	0.37 ± 0.17	甲基-环戊烯	6.28 ± 2.51	2.86 ± 1.26	N	N
2,2-甲基-丁烷	2.69 ± 1.54	1.61 ± 1.01	1.35 ± 0.71	N	1,3-二甲基-环戊烯	28.24 ± 20.68	24.38 ± 17.64	12.21 ± 7.64	4.03 ± 2.64
2-甲基-戊烷	39.73 ± 37.11	30.46 ± 22.28	24.49 ± 17.74	N	1,2,4-三甲基-环戊烯	29.94 ± 20.81	23.26 ± 18.47	16.69 ± 9.21	3.63 ± 2.21
3-甲基-戊烷	50.10 ± 49.25	30.43 ± 27.35	28.41 ± 22.37	N	甲基-环己烷	37.23 ± 29.72	31.82 ± 21.36	21.28 ± 11.29	4.37 ± 2.31
己烷	4.73 ± 2.28	3.14 ± 1.78	2.53 ± 1.26	N	乙基-环己烷	16.41 ± 10.47	12.37 ± 8.35	6.62 ± 4.35	1.27 ± 0.15
2-甲基-己烷	47.85 ± 44.52	36.38 ± 30.35	27.42 ± 20.28	0.88 ± 0.42	1-乙基-4-甲基-环己烷	2.64 ± 1.91	2.73 ± 1.26	1.84 ± 0.89	0.14 ± 0.09
3-甲基-己烷	38.71 ± 34.43	30.12 ± 21.28	23.59 ± 15.48	2.38 ± 0.83	苯	2.84 ± 2.44	2.02 ± 1.83	1.02 ± 0.59	0.07 ± 0.09
2,4-二甲基-己烷	18.21 ± 14.34	12.87 ± 8.29	10.42 ± 6.58	1.62 ± 0.69	甲苯	6.32 ± 3.78	4.29 ± 2.18	2.41 ± 1.03	0.41 ± 0.13
2,3-二甲基-己烷	0.89 ± 0.42	0.49 ± 0.22	0.56 ± 0.23	0.31 ± 0.11	乙苯	0.21 ± 0.11	0.22 ± 0.09	0.12 ± 0.02	N
庚烷	2.10 ± 1.21	2.35 ± 1.11	1.38 ± 0.51	0.09 ± 0.04	二甲苯	3.22 ± 1.95	1.74 ± 0.93	1.41 ± 0.53	0.30 ± 0.13
2-甲基-庚烷	30.89 ± 24.45	20.26 ± 16.58	15.68 ± 10.39	3.18 ± 0.62	1-甲基-苯	0.22 ± 0.13	0.20 ± 0.08	0.08 ± 0.02	N
壬烷	10.08 ± 8.23	6.26 ± 4.68	5.58 ± 3.47	2.29 ± 0.72	异丙苯	0.71 ± 0.47	0.69 ± 0.38	0.19 ± 0.13	0.09 ± 0.03
3-甲基-壬烷	8.16 ± 3.48	6.37 ± 2.26	3.21 ± 1.58	0.23 ± 0.12	1-乙基-3-甲基-苯	0.19 ± 0.08	0.31 ± 0.09	N	N
2,5-二甲基-壬烷	0.65 ± 0.16	0.29 ± 0.18	0.23 ± 0.11	0.14 ± 0.06	1,2,3-三甲苯	0.44 ± 0.28	0.51 ± 0.19	0.11 ± 0.08	0.06 ± 0.04
2,5-二甲基-辛烷	6.78 ± 4.42	4.38 ± 3.28	2.88 ± 2.01	0.48 ± 0.11	1-乙基-2-甲基-苯	0.36 ± 0.27	0.41 ± 0.23	0.11 ± 0.09	N
2,6-二甲基-辛烷	7.45 ± 5.42	6.92 ± 3.39	2.61 ± 1.21	0.04 ± 0.01	1,2,4-三甲苯	1.75 ± 1.09	2.03 ± 1.01	0.08 ± 0.04	N
癸烷	0.95 ± 0.86	3.17 ± 1.14	0.16 ± 0.04	N	2-甲基丙基-苯	0.03 ± 0.01	N	N	N
4-甲基-癸烷	0.36 ± 0.14	0.22 ± 0.09	N	N	1,2,5-三甲苯	0.08 ± 0.03	N	N	N
5-甲基-癸烷	0.13 ± 0.08	0.38 ± 0.17	N	N	1-甲基-3-丙基-苯	0.03 ± 0.01	N	N	N
十一烷	0.32 ± 0.16	0.21 ± 0.07	N	N	二乙苯	0.01 ± 0.01	N	N	N
2-甲基-1-丁烯	0.46 ± 0.28	0.38 ± 0.21	N	N	1-乙基-2,4-二甲基-苯	0.02 ± 0.01	N	N	N
2-戊烯	0.17 ± 0.08	0.14 ± 0.07	N	N	2-乙基-1,4-二甲基-苯	0.01 ± 0.01	N	N	N
环戊烯	0.41 ± 0.29	0.36 ± 0.23	N	N	总烃	334.15	152.11	148.92	11.72

注:N表示没有检测出。

进气系统经基于生物酶的3种构型载体改装后,车辆尾气中有害性VOCs成分显著减少,其总烃体积积分分数明显下降。改善尾气的排放状况效果明显。

2.2 不同构型载体处理对汽车排放烷烃类的影响

在汽车尾气中,主要是烷烃类气体,共检测出烷烃类24种。基于生物酶的不同构型载体改装对汽车尾气的影响见图1。由图可见M、C和P处理的烷烃类检出量分别为对照的5.88%、54.80%和74.18%。很明显,处理M的效果最好,除和处理C一样未检测到4-甲基-癸烷、5-甲基-癸烷和十一烷外,还未检出2,2-甲基-丁烷、2-甲基-戊烷、3-甲基-戊烷、己烷和癸烷。可见经过基于生物酶的不同构型载体改装处理后,烷烃的排放总积分分数降低,烷烃的排放种类减少,而且表现出M > C > P的趋势。



注:1.对照;2.P;3.C;4.M(下同)

图1 基于生物酶的3种构型载体改装进气系统后烷烃类的排放(n=6)

2.3 不同构型载体处理对汽车排放烯烃类的影响

尾气中烯烃类的分析见图2。由图2可见,尾气中的M、C和P的检出值分别是对照的11.33%、34.34%和79.08%。其中,对照和处理P均检测出5种烯烃类气体,处理M和C没有检测到2-甲基-1-丁烯、2-戊烯、环戊烯和甲基-环戊烯。和上述烷烃类气体的检出结果一致,也呈现M > C > P趋势。

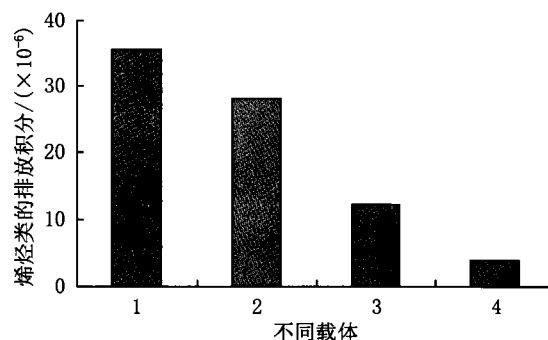


图2 酶处理的不同载体的烯烃类排放(n=6)

2.4 不同构型处理对汽车排放芳香烃类的影响

在汽车排放的尾气中,虽然芳香烃的总积分分数不高,但其种类却检测出17种(图3)。处理M、C和P处理分别是对照的5.57%、33.64%和75.55%。P处理和对照相比,没有检测出2-甲基丙基-苯、1,2,5-三甲苯、1-甲基-3-丙基-苯、二乙苯、1-乙基-2,4-二甲基-苯和2-乙基-1,4-二甲基-苯。处理C除上述没有检出外,还未检出1-乙基-3-甲基-苯。效果

最好的依然是处理 M。处理 M 检出的芳香烃总积分远远小于处理 C 和处理 P,且与处理 C 相比,还未检测出 1-乙基-2-甲基-苯、1,2,4-三甲苯和乙苯。结果同样呈现 $M > C > P$ 的效应。

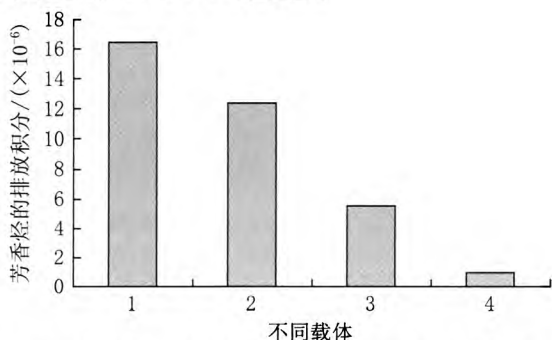


图3 不同构型载体改装进气系统后芳香烃类的排放 ($n=6$)

2.5 不同构型载体处理对汽车苯系物排放的影响

苯系物是苯、乙苯、二甲苯等的统称,主要是碳氢化合物在不完全燃烧过程中产生的,是一组重要的芳香烃,对人体健康有着严重的危害。下面以甲苯类为例,分析不同构型载体改装进气系统处理后,尾气中苯系物的排放特征见图4。不同构型载体改装进气系统改装处理后,苯系物苯、甲苯和二甲苯的排放均数分别为对照的 34.48%、29.41% 和 27.03%。可见基于生物酶的构型载体改装进气系统处理后的汽车尾气中的苯系物的排放也大大降低了。但生物酶与不同材料构型载体处理的效果差别较大,其中,处理 M 的苯系排放值最小,与处理 P、C 相比较,苯分别为它们的 4.9% 和 15.2%,甲苯分别为它们的 5.9% 和 12.6%,二甲苯分别为它们的 13.9% 和 24.5%。即表现出 $M > C > P$ 的效应。

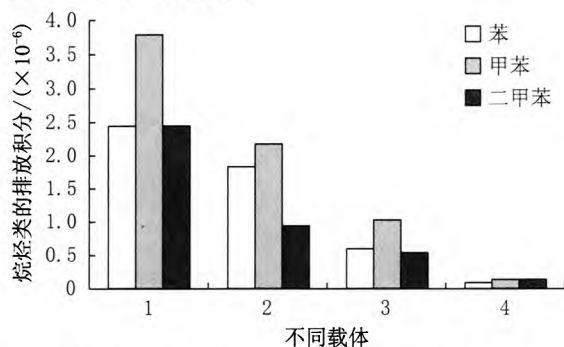


图4 不同构型载体改装进气系统后苯系物的排放 ($n=6$)

3 结论与讨论

本研究结果表明,大众桑塔纳 3000 型 2.0 普通型汽车的进气系统经基于生物酶的不同构型载体作改装处理后,车辆尾气中有害性 VOCs 成分显著减少,其总烃体积分明显下降,苯系排放物大大降低。基于生物酶的 3 种不同构型载体,在减排的功效

上也存在较大的差异,效能由高到低依次为 $M > C > P$,其中以金属纤维表面加载生物酶的构型载体效果最佳。

现有的研究表明绝大部分的汽车排放污染物,都是在发动机燃烧工作过程中产生的。因此,改善发动机燃烧性能是降低排放污染的重要措施之一。围绕着输出功率高、燃油消耗少和污染排放低的总体目标,近年来世界各国在汽车发动机的设计与制造中开展了大量研究。如有采用计算机辅助设计和计算机辅助制造,应用稀薄燃烧、可变进气谐振、发动机电控燃油喷射等先进技术,也有尝试改装汽车进气系统,以期通过发动机的富氧燃烧技术,或改变油品成分、改进炼化技术、改善润滑技术、提升催化效能等技术路线,来降低了发动机的污染气体排放^[11-13]。

其中,汽车排气系统的催化净化技术是对发动机排放的气体进行净化处理,以对汽车工作过程中没有充分燃烧的 CO、NO_x、HC 等成分进行二次催化处理,生成对环境无害的 CO₂、NO₂、H₂O,以减小对大气的危害^[14-15]。但这种方法只是为了单纯减排而设计的,处理的过程是对于内燃机没有充分燃烧的大量有效热能进行氧化,实际上造成了能源的浪费。同时,排气系统催化器对于内燃机的排气形成一定的阻滞作用而可能导致排气不畅,而引起发动机的动力损耗,排气系统催化不但不能节油反而增加了一定的油耗量。另外,由于三元催化的器件制备需要消耗大量的贵金属和稀有材料,这也导致资源消耗。因此,目前普遍使用的三元催化不能从根本上解决以节油来实现减排的问题。

本研究应用基于生物酶的不同构型载体改装汽车进气系统,在汽车内燃机的吸气系统的前端介入,对进气组分进行干预的处理技术,在提高燃料的燃烧率、提高有效功率、降低能耗的同时,减少汽车的 VOCs 排放的探索,旨在从源头上改善内燃机中燃料不能充分燃烧的技术难题。然而,就基于生物酶及其载体装置广泛应用于汽车工程而言,在理论上需要进一步对生物酶在汽车进气系统中起作用的酶生物学特征,生物酶在发动机进气系统中高速气流运动(气相)状态下的催化的动力学机制等给出科学的解释。在工程应用上,还需要解决生物酶在发动机连续运行和复杂多变工况条件下的催化效率和生物酶的寿命等关键技术瓶颈(目前生物酶作用时间为 25 ~ 30 d)。笔者认为,本研究的结果虽然还处在探索阶段,但在高效的生物酶制备工程,生物酶及其优化的材料

构型基础上研发适宜的装置,改造和优化汽车发动机的进气系统,对汽车的节能减排,降低汽车工业的环境负荷,是值得深入研究的领域。

参考文献

- [1] U S EPA. Technical description of the toxic module for MOBILE6. 2 and guidance on its use for emission inventory preparation[R]. USA: EPA. EPA 420-R-02-029, 2002.
- [2] Srivastava A. Source apportionment of ambient VOCs in Mumbai city [J]. Atmospheric Environment, 2004, 38(39): 6829-6843.
- [3] Watson J G, Chow J C, Fujita E M. Review of volatile organic compound source apportionment by chemical mass balance[J]. Atmospheric Environment, 2001, 35(9): 1567-1584.
- [4] 徐东群, 刘晨明, 李铮, 等. 机动车尾气造成的苯系物污染状况调查[J]. 环境与健康杂志, 2004, 21(5): 305-307.
- [5] 陆思华, 白郁华, 张广山, 等. 大气中挥发性有机化合物(VOCs)的人为来源研究[J]. 环境科学学报, 2006, 26(5): 757-763.
- [6] Kean AJ, Grosjean E, Grosjean D, et al. On-road measurement of carbonyls in California light-duty vehicle emissions[J]. Environ Sci Technol, 2001, 35: 4198-4204.
- [7] Grosjean D, Grosjean E, Gertler A W. On-road emissions of carbonyls from light-duty and heavy-duty vehicles [J]. Environ Sci Technol, 2001, 35: 45-53.
- [8] Cocker D R, Shah S D, Johnson K C, et al. Development and application of a mobile laboratory for measuring emissions from diesel engines, 2, sampling for toxics and particulate matter[J]. Environ Sci Technol, 2004, 38: 6809-6816.
- [9] 王伯光, 邵敏, 张远航, 等. 机动车排放中挥发性有机污染物的组成及其特征研究[J]. 环境科学研究, 2006, 19(6): 75-80.
- [10] 傅晓钦, 翁燕波, 钱飞中, 等. 行驶机动车尾气排放 VOCs 成分谱及苯系物排放特征[J]. 环境科学学报, 2008, 28(6): 1056-1062.
- [11] 马虎根, 李美玲. 汽车发动机冷却系统计算机辅助设计[J]. 汽车工程, 2000, 22(3): 207-209.
- [12] 董岩. 车用小排量增压汽油机-传统汽油机动力总成 CO₂ 减排的有效方案[J]. 汽车工程师, 2010(4): 45-49.
- [13] 徐红. 菲亚特动力科技: 展示 Multiair 等节能减排新技术[J]. 商用汽车, 2009(4): 112-113.
- [14] 王芙蓉, 孙凤礼, 高山. 汽车尾气净化用蜂窝状催化剂的研究[J]. 材料工程, 2003(2): 41-42.
- [15] 聂祚仁, 周美玲, 陈颖, 等. 二元复合稀土钨电极材料的性能[J]. 金属学报, 1999, 35(3): 334-336.

(责任编辑 葛华忠)

doi:10.3969/j.issn.1000-8101.2013.05.008

灰木莲人工林碳贮量及其分配特征

覃祚玉¹, 何斌^{1*}, 韦录², 卢万鹏¹, 廖倩苑¹, 刘红英¹, 刘莉¹, 刘莹¹

(1. 广西大学林学院, 南宁 530004; 2. 崇左市凤凰山林场)

摘要:对广西南宁市高峰林场 46 年生灰木莲人工林生态系统碳素贮量及其分配格局进行系统研究。结果表明,灰木莲各组分碳素含量变化范围为 476.8~532.5 g/kg,各器官碳素含量为树干>树根>树枝>树皮>树叶,土壤层(0~80 cm)碳素含量为 10.36 g/kg,不同土层碳素含量随土壤深度增加而降低。灰木莲人工林生态系统总碳贮量为 236.70 t/hm²,其中乔木层碳贮量(118.03 t/hm²)最大,占生态系统总碳贮量的 49.86%;灌木层碳贮量为 2.00 t/hm²,占 0.84%;草本层碳贮量为 1.18 t/hm²,占 0.50%;现存凋落物碳贮量为 3.48 t/hm²,占 1.47%;土壤层有机碳贮量为 111.71 t/hm²,占 47.19%。灰木莲人工林生态系统乔木层碳素年净固定量为 3.72 t/(hm²·a),各组分碳素年净固定量大小依次为:树干>树叶>树根>树枝>树皮。

关键词:灰木莲;人工林;碳素含量;碳贮量;碳分配

Carbon storage and distribution of *Manglietia glauca* plantation // QIN Zuo-yu, HE Bin, WEI Lu, LU Wan-peng, LIAO Qian-yuan, LIU Hong-ying, LIU Li, LIU Ying

Abstract: Through a sampling site investigation, the carbon storage and distribution of 46-year-old *Manglietia glauca* plantations were studied at Gaofeng forest farm in Nanning of Guangxi Province, China. The results showed that the carbon content in different organs of *M. glauca* ranged from 476.8 to 532.5 g/kg, and it was in the order of stem > root > branch >

bark > leaf. Carbon content in the soil (0-80 cm) was 10.36 g/kg and declines with soil depth. The total carbon storage in *M. glauca* plantation ecosystems amounted to 236.70 t/hm², of which over-storey of *M.*

收稿日期:2012-11-06

修回日期:2013-03-14

基金项目:广西科学研究与技术开发计划课题(编号:桂科攻 11194008);国家自然科学基金项目(编号:31160152)。

作者简介:覃祚玉(1987-),女,硕士生,研究方向为森林培育。通讯作者:何斌,男,教授。E-mail:hebin8812@163.com