

唐山市家用车车厢内空气苯系物及甲醛污染状况调查

王颖^a, 佟俊旺^{b*}, 李君^b, 崔立华^b, 李清钊^b, 杨剑^c, 郝继东^c

摘要: [目的] 了解唐山市家用车车厢内空气苯系物及甲醛污染状况, 为相关防制政策的制定提供依据。[方法] 选择不同车龄的 122 辆家用车, 分别测定车厢内空气中苯、甲苯、二甲苯及甲醛的浓度, 同时通过问卷调查获得车型、车龄等基本信息。[结果] 车内苯、甲苯、二甲苯及甲醛浓度的超标率分别为 14.8%、26.2%、20.5%、58.2%。车龄在 6 个月之内的车辆苯、甲苯、二甲苯及甲醛的浓度较高, 超标率亦较高, 以后逐渐降低。车厢内空气苯、甲苯、二甲苯浓度分别受车内吸附剂、车辆档次及座椅材质的影响, 经秩和检验, 差异具有统计学意义。车辆档次、有无使用吸附剂、座椅材质以及是否在车内吸烟在本次研究中未显示对车内甲醛浓度产生影响。[结论] 唐山市家用车车厢内普遍存在苯系物及甲醛污染, 车辆的车龄、车内吸附剂的使用、车辆档次及座椅材质对车内苯系物浓度有影响。

关键词: 汽车; 空气污染; 苯系物; 甲醛

A Survey on Benzene Series Compounds and Formaldehyde in Air Pollution of Domestic Viechles in Tangshan City WANG Ying^a, TONG Jun-wang^{b*}, LI Jun^b, CUI Li-hua^b, LI Qing-zhao^b, YANG Jian^c, HAO Ji-dong^c (a. Department of Endocrinology, The Affiliated Hospital of North China Coal Medical University; b. Department of Preventive Medicine, Hebei Province Coal Mine Health and Safety Key Laboratory. c. Undergraduate Department of Prevention Medicine, North China Coal Medical University, Tangshan, Hebei 063000, China). *Address correspondence to TONG Jun-wang; E-mail: tongjunwangcn@163.com

Abstract: [Objective] To understand the situation of benzene series compounds and formaldehyde in air pollution of domestic viechles in Tangshan City and provide basis for formulating policies of preventing and controlling benzene series compounds and formaldehyde related air pollution. [Methods] A total of 122 domestic viechles with various serving years were selected and the concentrations of benzene, toluene, xylene and formaldehyde were detected. The basic information situation on car model, serving frequency, etc were collected using a questionnaire. [Results] The rate of benzene, toluene, xylene and formaldehyde exceeding current governmental regulation were 14.8%, 26.2%, 20.5%, 58.2% respectively. Higher concentration and higher exceeded rates of benzene, toluene, xylene and formaldehyde in the cars serving within six months were found. The concentration of benzene series compounds and formaldehyde decreased gradually after six months. The concentration of benzene, toluene and xylene were affected by using adsorbent, cars grade and seats material respectively, and the differences were significant when tested by rank sum test. The formaldehyde concentrations did not affected by using adsorbents, vehicle model, seats material and smoking habits in car. [Conclusion] Benzene series compounds and formaldehyde in air pollution of domestic cars were commonly detected in Tangshan City. The concentration of benzene series compounds in domestic cars were associated with serving time, using adsorbent, cars grade and seats material.

Key Words: domestic cars; air pollution; benzene series compounds; formaldehyde

随着我国经济快速发展, 城市汽车保有量迅速增加, 车内微环境的污染, 尤其是车厢内空气中有机污染物及其对健康的影响已逐渐引起人们的重视^[1-2]。车内的有机污染物主要来自于汽车零部件和车内装饰材料, 包括汽车使用的塑料、橡胶部件、织物、油漆涂料、保温材料、黏合剂等, 污染物种类主要有苯、甲苯、二甲苯, 甲醛等。长期低浓度接触苯系物可发生慢性中

毒, 以血液系统和神经衰弱症候群为主。而甲醛是公认的致癌物质, 长期接触较高浓度的甲醛对呼吸系统、神经系统、肝脏、皮肤、免疫系统等都有一定的毒性作用。我国大陆目前尚未出台汽车车内空气质量标准, 而大部分污染物也无相应的检测标准方法, 包括用气相色谱法、气相色谱质谱联用法测定苯系物, 用酚试剂分光光度法、高效液相色谱法测定甲醛等。有报道称苯系物占总挥发性有机物(TVOC)的比例在 35%~50% 之间, 是车内污染控制中最重要的污染物质^[3], 另据文献报道, 我国大陆汽车车厢内苯系物与甲醛超标都比较严重^[1, 4], 但关于其在车厢内的浓度受哪些因素影响, 却报道较少。本研究拟通过检测唐山市家用车车厢内空气中的苯系物、甲醛污染状况及其影响因素, 为车厢内污染标准以及防制对策的制定提供依据。

[作者简介] 王颖(1976-), 女, 硕士, 主治医师; 研究方向: 环境污染与健康; E-mail: ts_wangying@sina.com

[*通信作者] 佟俊旺讲师; E-mail: tongjunwangcn@163.com

[作者单位] 华北煤炭医学院 a. 附属医院内分泌科; b. 预防医学系河北省煤矿卫生与安全重点实验室; c. 预防医学系本科生, 河北唐山 063000

1 材料与方法

1.1 研究对象

选择不同车龄(即使用时间)的家用车(家庭用5座及以下的汽车),分别为0.0a~、0.5a~、1.0a~、2.0a~。以价格将家用车分为高档、中档和低档(高档:20万元人民币以上;中档:10~20万元人民币;低档:10万元人民币以下)。

1.2 内容与方法

1.2.1 采样点的设置 家用轿车设1个采样点,位于前排座椅头枕连线的中点;较大型的家用车内,如越野车设2个采样点,沿车厢中轴线均匀分布,取检测结果的平均值作为该车内苯系物及甲醛的检测值^[5]。采样点的高度与司乘人员的呼吸带一致。对照采样点设在家用车停车所在地的空旷处。

1.2.2 采样及测定方法 (1)苯系物的采样及测定方法:每次采样均在汽车静态时关闭门窗60min后进行,采用活性炭采样管,以0.5L/min流量采样20min。同时采集对照样品。参照GB/T 11737《居住区大气中苯、甲苯、二甲苯卫生检验标准方法 气相色谱法》^[6],采用气相色谱法测定苯系物含量。苯、甲苯、二甲苯的检出下限值均为0.01mg/L。以GB/T 18883—2002《室内空气质量标准》^[7]为评价标准,标准如下:苯≤0.11mg/m³;甲苯≤0.2mg/m³;二甲苯≤0.2mg/m³。(2)甲醛的采样及测定方法:每次采样均在汽车静态时关闭门窗60min后进行,采用HE-102甲醛分析仪测定车内的甲醛浓度,大约测定2~4min,待读数稳定后读取甲醛值。同时测定对照样品。本仪器检测结果与酚试剂分光光度法测定甲醛的国标方法进行对比,无显著差别,说明该仪器测定结果准确。

1.2.3 问卷调查 在采样的同时记录车辆使用的基本情况:车龄、车辆价格、有无吸附剂、座椅材质(分为皮、革、布)及是否在车内吸烟等。其中,有吸附剂指在汽车内放置各种活性炭

吸附剂(无烟木炭所制,竹炭所制及其他等)1包及以上,放置时间3个月及以上;吸烟指车厢内乘员(主要是驾驶员)每天(或每次)乘车最少有吸烟1支及以上,持续3个月以上。

1.2.4 资料处理和分析 应用SPSS 11.5软件分析数据,对数正态分布数据的平均值以几何均数(*G*)表示,既非正态分布也非对数正态分布数据的平均值以中位数(*M*)表示,上述两种数据的离散趋势均以上下四分位数(*P*₂₅与*P*₇₅)表示。应用秩和检验分析影响苯系物浓度的相关因素是否具有统计学意义,甲醛浓度值经对数转换后进行方差分析和*t*检验,苯系物及甲醛超标率的比较采用 χ^2 检验,多因素分析采用非条件Logistic回归分析,检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 被检测车辆的基本情况

本次采样共采集122辆家用车,其中,车龄0.0a~、0.5a~、1.0a~、2.0a~车辆分别为35、30、28、29辆;以档次划分,高档、中档和低档车辆分别为35、48、39辆。

2.2 空白对照的苯系物及甲醛浓度

根据采样地点的情况共采集18个对照样品,苯系物含量均小于检测下限(0.01mg/m³),甲醛质量浓度在0.007mg/m³左右,可以认为车内的苯系物及甲醛浓度来自车辆本身。

2.3 不同车龄的车辆苯系物污染情况

由表1可知,车龄<0.5a的车辆中,苯及甲醛的浓度均较高,其他指标与车龄“0.0a~”组比较均有明显下降。不同车龄汽车苯、甲苯和二甲苯及甲醛浓度差异均有统计学意义。

由表2可见,苯系物超标车辆中,甲苯及二甲苯的超标率均明显低于刚出厂车的超标率;苯超标率在1年以上组明显下降,而甲醛超标率则在半年以上组就明显降低。

表1 不同车龄的家用车车厢内苯系物及甲醛浓度水平(mg/m³)

Table 1 The concentration of benzene series compounds and formaldehyde in domestic cars with various serving time

车龄(a) Using time	<i>n</i>	苯(Benzene)		甲苯(Toluene)		二甲苯(Xylene)		甲醛(Formaldehyde)	
		<i>M</i>	<i>P</i> ₂₅ ~ <i>P</i> ₇₅	<i>M</i>	<i>P</i> ₂₅ ~ <i>P</i> ₇₅	<i>M</i>	<i>P</i> ₂₅ ~ <i>P</i> ₇₅	<i>G</i>	<i>P</i> ₂₅ ~ <i>P</i> ₇₅
0.0~	35	0.086	0.052~0.120	0.900	0.068~1.900	0.400	0.120~3.420	0.143	0.080~0.220
0.5~	30	0.050	0.020~0.120	0.060**	0.038~0.143	0.022**	0.020~0.053	0.107	0.090~0.125
1.0~	28	0.020**	0.015~0.029	0.067**	0.024~0.090	0.020**	0.017~0.048	0.099*	0.080~0.125
2.0~	29	0.020**	0.010~0.026	0.025**	0.020~0.061	0.020**	0.011~0.036	0.055**	0.035~0.100

[注]*:与车龄0.0a~比较(Compared with serving year 0.0~),*P*<0.05; **: *P*<0.01。

表2 不同车龄的家用车车厢内苯系物及甲醛的超标数量和超标率

Table 2 The exceeded frequency and exceeded rate of benzene series compounds and formaldehyde in domestic cars with different serving time compared to current regulations

车龄(a) Serving time	<i>n</i>	苯(Benzene)		甲苯(Toluene)		二甲苯(Xylene)		甲醛(Formaldehyde)	
		超标数(辆) Exceeded frequency	超标率(%) Exceeded rate	超标数(辆) Exceeded frequency	超标率(%) Exceeded rate	超标数(辆) Exceeded frequency	超标率(%) Exceeded rate	超标数(辆) Exceeded frequency	超标率(%) Exceeded rate
0.0~	35	10	28.6	20	57.1	21	60.0	25	71.4
0.5~	30	8	26.7	6	20.0*	2	6.7*	23	76.6
1.0~	28	0	0.0*	3	10.7*	1	3.6*	14	50.0
2.0~	29	0	0.0*	3	10.3*	1	3.4*	9	31.0*
合计(Total)	122	18	14.8*	32	26.2	25	20.5	71	58.2

[注]*:与车龄0.0a~比较, χ^2 检验(Compared with serving year 0.0~, χ^2 -test),*P*<0.05。

2.4 其他因素对汽车内苯系物及甲醛浓度影响的分析

由表 3 可知,有吸附剂的汽车苯浓度低于无吸附剂汽车内的苯浓度($P<0.05$),而甲苯、二甲苯、甲醛浓度未见明显改变。由表 4 可知,与低档次汽车比较,中、高档次汽车甲苯浓度较

高($P<0.05$),其他 3 项指标未见明显改变。由表 5 可知,与座椅材质为布料组比较,座椅面料材质为皮革的汽车二甲苯浓度较高($P<0.05$),其他 3 项指标未见明显改变。由表 6 可知,车内吸烟与苯系物浓度高低均无统计学意义($P>0.05$)。

表 3 车内使用吸附剂对苯系物及甲醛浓度的影响 (mg/m³)

Table 3 The effect of using asorbents on concentrations of benzene series compounds and formaldehyde

吸附剂 Adsorbent	<i>n</i>	苯 (Benzene)		甲苯 (Toluene)		二甲苯 (Xylene)		甲醛 (Formaldehyde)	
		<i>M</i>	<i>P</i> _{25~<i>P</i>75}	<i>M</i>	<i>P</i> _{25~<i>P</i>75}	<i>M</i>	<i>P</i> _{25~<i>P</i>75}	<i>G</i>	<i>P</i> _{25~<i>P</i>75}
有 (Yes)	27	0.023*	0.020~0.034	0.050	0.040~0.080	0.035	0.020~0.081	0.100	0.070~0.150
无 (No)	95	0.034	0.020~0.090	0.068	0.028~0.220	0.040	0.020~0.210	0.097	0.070~0.140

[注]*:与无吸附剂组比较 (Compared with none adsorbent), $P<0.05$ 。

表 4 车辆档次对苯系物及甲醛浓度的影响 (mg/m³)

Table 4 Theeffect of car grade on concentrations of benzene series compounds and formaldehyde

档次 Grade	<i>n</i>	苯 (Benzene)		甲苯 (Toluene)		二甲苯 (Xylene)		甲醛 (Formaldehyde)	
		<i>M</i>	<i>P</i> _{25~<i>P</i>75}	<i>M</i>	<i>P</i> _{25~<i>P</i>75}	<i>M</i>	<i>P</i> _{25~<i>P</i>75}	<i>G</i>	<i>P</i> _{25~<i>P</i>75}
高 (High)	30	0.040	0.020~0.100	0.120**	0.040~0.900	0.022	0.020~0.980	0.086	0.060~0.140
中 (Medium)	28	0.027	0.020~0.078	0.074*	0.024~0.208	0.020	0.012~0.078	0.102	0.073~0.185
低 (Low)	29	0.023	0.020~0.052	0.042	0.024~0.068	0.020	0.016~0.100	0.103	0.070~0.110

[注]*:与低档次组比较 (Compared with low grade), $P<0.05$; **: $P<0.01$ 。

表 5 座椅材质对苯系物及甲醛浓度的影响 (mg/m³)

Table 5 The effect of seat material on concentration of benzene series compounds and formaldehyde

材质 Seats material	<i>n</i>	苯 (Benzene)		甲苯 (Toluene)		二甲苯 (Xylene)		甲醛 (Formaldehyde)	
		<i>M</i>	<i>P</i> _{25~<i>P</i>75}	<i>M</i>	<i>P</i> _{25~<i>P</i>75}	<i>M</i>	<i>P</i> _{25~<i>P</i>75}	<i>G</i>	<i>P</i> _{25~<i>P</i>75}
皮 (Corium)	72	0.030	0.020~0.086	0.080	0.040~0.220	0.060*	0.020~0.210	0.101	0.070~0.130
革 (Leather)	9	0.024	0.020~0.050	0.050	0.028~0.559	0.030	0.020~0.135	0.105	0.085~0.160
布 (Cotton)	41	0.027	0.020~0.074	0.043	0.020~0.140	0.020	0.013~0.063	0.091	0.060~0.160

[注]*:与座椅材质为布组比较 (Compared with cotton seats), $P<0.05$ 。

表 6 车内吸烟对苯系物及甲醛浓度的影响 (mg/m³)

Table 6 The effect of smoking in car on concentration of benzene series compounds and formaldehyde

吸烟 Smoking habits	<i>n</i>	苯 (Benzene)		甲苯 (Toluene)		二甲苯 (Xylene)		甲醛 (Formaldehyde)	
		<i>M</i>	<i>P</i> _{25~<i>P</i>75}	<i>M</i>	<i>P</i> _{25~<i>P</i>75}	<i>M</i>	<i>P</i> _{25~<i>P</i>75}	<i>G</i>	<i>P</i> _{25~<i>P</i>75}
有 (Yes)	18	0.025	0.020~0.060	0.055	0.035~0.425	0.043	0.020~0.060	0.096	0.063~0.138
无 (No)	104	0.030	0.020~0.086	0.060	0.029~0.210	0.036	0.020~0.145	0.106	0.078~0.160

2.5 甲苯、二甲苯超标相关因素的非条件 Logistic 回归分析

由表 7、表 8 可见,车辆档次低是甲苯超标的危险因素。车龄短、采用皮革装饰均是车内二甲苯超标的危险因素。

表 7 甲苯超标相关因素的非条件 Logistic 回归分析

Table 7 Non-conditional Logistic regression on toluene related factors

因素 Factor	偏回归系数 β	标准误 <i>SE</i>	Wald χ^2	<i>P</i>	95% <i>CI</i>
车龄 (Using time)	-1.321	0.304	18.855	<0.0001	0.147~0.485
档次 (Grade)	1.451	0.380	14.602	<0.0001	2.027~8.980

[注]赋值:甲苯,未超标=0,超标=1;车龄,0~1,0.5~2,1~3,2~4;档次,低档=1,中档=2,高档=3。

[Note]Coding:toluene, within standard=0, exceeded standard=1; using time, 0~1, 0.5~2, 1~3, 2~4; cars grade, low grade=1, medium grade=2, high grade=3.

表 8 二甲苯超标相关因素的非条件 Logistic 回归分析

Table 8 Non-conditional Logistic regression on xylene related factors

因素 Factor	偏回归系数 <i>B</i>	标准误 <i>SE</i>	Wald χ^2	<i>P</i>	95% <i>CI</i>
车龄 (Using time)	-2.181	0.510	18.285	<0.001	0.042~0.307
座椅材质 (Seat material)	-1.030	0.393	6.888	0.009	0.165~0.770

[注]赋值如下,二甲苯,未超标=0,超标=1;车龄,0~1,0.5~2,1~3,2~4;座椅材质,真皮=1,革=2,布=3。

[Note]Coding rules, xylene: within standard=0, exceeded standard=1; using time: 0~1, 0.5~2, 1~3, 2~4; seats material: corium=1, leather=2, cotton=3.

3 讨论

目前汽车业将大量聚氨酯 (PU)、聚氯乙烯 (PVC) 和聚丙烯 (PP) 等塑料用于仪表板、门板、座垫、转向盘、操纵杆、控

制台、立柱等零部件及顶棚衬里等内饰,黏结剂的用量也越来越大,这些材料在使用中会挥发出大量苯、甲苯、二甲苯,甲醛等有害气体。在本次研究中检测的 122 辆家用汽车中,车内苯系物与甲醛含量均随着车龄的增加而递减。车龄小于 6 个月的车厢内,苯、甲苯、二甲苯的含量集中在 0.086 mg/m^3 、 0.900 mg/m^3 、 0.400 mg/m^3 。2004 年王淑娟等^[4]调查的石家庄市使用半年内车内苯系物平均含量分别是苯 0.219 mg/m^3 、甲苯 2.571 mg/m^3 、二甲苯 1.625 mg/m^3 ,2006 年江思力等^[8]调查的广州市使用半年内的车内苯系物平均含量分别是苯 0.201 mg/m^3 、甲苯 1.544 mg/m^3 、二甲苯 1.29 mg/m^3 。与几年前相比,本次调查的苯系物浓度有所降低。

甲醛主要来源于座椅套、车门衬板等针织品。贺小凤等^[9]用恒温测试箱法加热汽车内部装饰材料后测定甲醛,发现热塑性材料仪表台、皮革表皮、橡胶密封条、灰色无纺布及海绵甲醛含量均较高。本研究结果显示,半年内家用汽车甲醛超标率为 71.4%,全部检测汽车的甲醛几何均数为 0.098 mg/m^3 ,58.2% 的被调查车辆超标。张广山等^[1]2004 年曾检测北京市车龄在 2 年内的轿车 802 辆,甲醛平均质量浓度为 0.080 mg/m^3 ,超标率为 24%。张晓丽等^[10]曾检测重庆市某汽车商行的 65 辆新车车内甲醛质量浓度在 $0.024\sim 0.163\text{ mg/m}^3$,超标率为 15%。相比其他地区,唐山市区家用汽车车内空气甲醛浓度超标严重。

本研究中,车内放置吸附剂仅对车内苯浓度产生轻微影响,未对甲醛浓度产生影响。考虑到活性炭吸附剂在使用后需要定期活化或者清洗,否则不能再吸附有害气体,而大部分车主并不知道这一点,所以即使放置吸附剂也会因为使用时间过长而失去其使用价值。

不同档次及不同材质座椅的汽车内空气甲苯、二甲苯存在差别,可能是由于汽车的座椅等皮革制品中甲苯、二甲苯含量较高所致^[11]。而吸烟与否在本研究中未显示与家用汽车车厢内苯系物浓度有关。而不同档次的车,座椅的材质以及吸烟与否在本研究中均未显示与家用汽车车厢内甲醛浓度有关。

为防止汽车内苯系物及甲醛的污染,应做好以下工作:(1)尽快出台汽车车厢内空气质量标准及相应的检测方法标准;

(2)购买环保指标较好的车辆,选择装饰环保材料;(3)驾驶新车时注意通风;寻找专业机构采用有效方法去除污染物,如臭氧发生器、光触媒等,并定期更换吸附剂;(4)加强汽车车厢内空气污染危害和防治措施的健康教育。

参考文献:

- [1] 张广山,刘兆荣,刘金凤,等.汽车内微环境空气污染的初步探究[J].环境污染与防治,2006,28(4):308-311.
- [2] MILLMAN A, TANG D, PERERA F P. Air pollution threatens the health of children in China[J]. Pediatrics, 2008, 122(3): 620-628.
- [3] 尤可为,葛蕴珊,冯波,等.轿车内微环境空气污染状况的实验研究[J].北京理工大学学报,2008,28(4):310-313,318.
- [4] 王淑娟,柳君,武贵桃,等.苯系物与汽车内空气污染[J].中华卫生监督与健康,2004,3(10):918-920.
- [5] 王晓格,赵新建.车内空气挥发性有机物的检测与限值建议[J].环境污染与防治,2008,30(9):97-99,102.
- [6] 中华人民共和国卫生部. GB/T11737 居住区大气中苯、甲苯、二甲苯卫生检验标准方法 气相色谱法[S].北京:中国标准出版社,2002.
- [7] 中华人民共和国卫生部. GB/T18883—2002 室内空气质量标准[S].北京:中国标准出版社,2002.
- [8] 江思力,杨智聪,钟巍,等.广州市小汽车车厢内空气有机物污染状况调查[J].疾病监测,2006,21(6):309-312.
- [9] 贺小凤,刘艳霖,王桂霞,等.汽车内部装饰材料醛类物质的 HPLC 法测定和分析[J].化学世界,2010,51(3):143-145.
- [10] 张晓丽,曹显庆,代兴碧,等.汽车内空气污染状况分析[J].重庆医学,2006,35(10):928-929.
- [11] FEDORUK M J, KERGER B D. Measurement of volatile organic compounds inside automobiles[J]. J Expo Anal Environ Epidemiol, 2003, 13(1):31-41.

(收稿日期:2009-12-31)

(英文编审:金克峙;编辑:洪琪;校对:王晓宇)

(上接第 38 页)

289-296.

- [12] 孟谦谦,周智钿,童建,等.微波和电离辐射对小鼠联合作用的研究[J].苏州大学学报:医学版,2007,27(3):344-346.
- [13] DESAGHER S, MARTINOU J C. Mitochondria as the central control point of apoptosis[J]. Trends Cell Biol, 2000, 10(9):369-377.
- [14] BEMARDI P, SCORRANO L, COLONNA R, et al. Mitochondria and death. Mechanistic aspects and methodological issues[J]. Eur J

Biochem, 1999, 264(3):687-701.

- [15] GREEN DR, KROEMER G. The Pathophysiology of Mitochondrial Cell Death[J]. Science, 2004, 305(5684):626-629.
- [16] 曹毅,童建.电磁辐射生物效应研究综述[J].环境与职业医学,2007,24(2):222-226.

(收稿日期:2010-04-16)

(英文编审:金克峙;编辑:洪琪;校对:王晓宇)