

# 太原市城区春季大气中挥发性有机物的成分特征

吴云杰<sup>1</sup>, 王凤友<sup>2</sup> (1. 东北林业大学生态站, 黑龙江哈尔滨 150040; 2. 贵州民族大学, 贵州贵阳 550025)

**摘要** 采用吸附罐气质联用法对太原市迎泽桥东十五中学附近的城区大气中的一氧化碳、甲烷、苯等典型化合物的浓度进行测定, 对这些挥发性有机物的污染状况、来源分析以及暴露水平进行了分析。结果表明, 太原市大气中的一些有害性苯系物的质量浓度较高, 如苯和甲苯的平均质量浓度分别达 69.3 和 144.1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; 相关性分析结果显示, 间-对/二甲苯和乙苯(0.992)、邻二甲苯和乙苯(0.691)显著相关, 说明其可能来自于同一来源; 因子分析显示, 太原市迎泽桥东的挥发性有机物(VOCs)主要来源于家用车辆废气等(35.8%), 同时建筑涂料、化工燃料的燃烧也有较大影响。

**关键词** 挥发性有机化合物; 成分特征; 来源分析; 春季; 城区; 太原市

**中图分类号** S181.3 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2014)06-01815-05

## Component Features of Volatile Organic Compound in spring, Taiyuan

WU Yun-jie et al (Ecological Station of Northeast Forestry University, Harbin, Heilongjiang 150040)

**Abstract** The concentrations of the typical compounds such as carbon monoxide, methane and benzene in the street of the east of the Yingze Bridge in Taiyuan were detected by no-stainless steel canister and GC/MS detection. The pollution degree, sources and exposure levels of these volatile organic compounds in atmosphere in the streets were analyzed. The results reveal the relative high levels of BTEX in Taiyuan. The average mass concentration of benzene and toluene were 69.3 and 144.1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . m-, p-xylene and ethyl-benzene correlated well (0.992), and o-xylene and ethyl-benzene also correlated well (0.691), which shows a good relevance. Principle component analysis (PCA) showed that the home vehicle emissions was the major source of VOCs in the Yingze Bridge in Taiyuan, and its contribution to VOCs is 35.8%. In addition, architectural coatings and chemical dyes combustion were also the important sources of VOCs.

**Key words** VOCs; Component features; Source analysis; Spring; Urban area; Taiyuan City

目前, 国内学者对挥发性有机物(VOC)的研究处于初步阶段, 还未形成一整套完整的研究体系, 主要集中于 VOCs 的测定与分析等。但就室内 VOCs 而言, 首先是确定了室内常用装饰材料散发的不同的 VOCs, 如胶合板中主要含甲醛、苯、甲苯、乙苯、二甲苯等 20 种 VOCs, 壁纸中主要含甲醛、甲苯、乙苯等 35 种 VOCs, 彩色涂料中主要含甲苯、乙苯、二甲苯等 160 种 VOCs, 地板蜡中主要含癸烷、十一烷、十二烷等 58 种 VOCs。更进一步的研究是 VOCs 的扩散系数、初始含量以及对流传质系数对房间内 VOCs 浓度的影响<sup>[1-3]</sup>。据悉, 德国阿尔塔纳旗下 BYK 推出了新型的用于水性涂料配方的零 VOC 润湿和分散添加剂——DISPERBYK-2015<sup>[4]</sup>。家具用低 VOC 聚氯乙烯 Teknor Apex 公司推出新的软质 PVC 配混料, 释放出的 VOC 比普通 PVC 降低 80%。脉冲电晕放电法低温等离子体可以净化室内 VOCs。对于国外研究来说, 因其起步早, 从 20 世纪 70 年代就已开始, 所以目前倾向于定量研究, 如确定各种涂料、粘合剂、油漆以及地毯等各种 VOCs 的含量。德国推荐了一套分类的室内空气 VOC 浓度指导限值<sup>[1]</sup>, 其中要求单个化合物的质量浓度不超过所属分类的 50%, 也不超过 VOC 总量的 10%, 对致癌化合物要进行单独评价。此外, 室内空气质量协会推荐室内 TVOC 浓度应低于 3  $\text{mg}/\text{m}^3$ , 澳大利亚推荐室内的 TVOC 浓度应低于 0.5  $\text{mg}/\text{m}^3$ , 芬兰室内空气质量协会和室内气候学会推荐室内 TVOC 浓度应低于 0.2  $\text{mg}/\text{m}^3$ 。笔者在此采用吸附罐气质联用法对太原市迎泽桥东十五中学附近的城区大气中挥发性有机物的浓度进行测定, 并对其成分特征、来源及人们的暴露水平进行了分析。

## 1 材料与方法

**1.1 样地概况** 太原地形呈半封闭状, 东、西、北三面环山, 除南部比较开阔之外, 其余三面均有高山。市中心就处在太原盆地中央, 并有一条汾河穿城而过。该研究采样点位于太原市中心城区(府西街), 人口密集, 商业集中, 山西省政府和太原市政府位于该区。选择了太原市迎泽桥东十五中学作为采样地点, 采样点位于街边的 12 层楼顶(楼高约 45 m), 高于其他建筑物, 污染物扩散较均匀。

**1.2 样品收集** 太原市气温变化具有一定的周期性规律, 日最高气温出现在 15:00 左右, 最低气温多出现在日出以前(08:00)<sup>[5]</sup>。按照气温变化趋势结合太原市居民活动特点, 在 2012 年 3 月 12~16 日进行挥发性有机物的采样, 可将采样设置为从 06:00 开始, 每 3 h 采样一次, 每次 30 min, 24:00 结束, 即采样时间分别为 06:00、09:00、12:00、15:00、18:00、21:00、24:00。

样品是用内表面经钝化处理的不锈钢采样罐(2 L)来采集的。采样前采样罐用高纯氮气反复冲洗 3 次, 检验无目标化合物并抽成真空; 采样时打开阀门至内外气压相等, 通过限流阀(model FC410 1CV-G, Autoflow Inc., CA)来调节流量以满足采样时间的要求, 且在最前段加过滤器(抽提后的棉花)以去除空气中的颗粒物。采样流量为 400 ml/min, 采样时间控制为 5 min。

**1.3 样品分析** NMHC 是由预浓缩仪(Entech 7100)和色谱/质谱(HP 6890GC/5973MSD)联用系统来分析的。分析样品时, 将采样罐与预浓缩系统进气口连接, 打开采样罐阀门, 让气体样品进入 Entech 7100 预浓缩仪。进样量通过质量流量控制器控制以稳定流量来抽取 250 ml 气体样品。接着, 抽取的 250 ml 气体样品经两级冷阱除去  $\text{H}_2\text{O}$  和  $\text{CO}_2$  后, 再经第 3 级冷阱深冷聚焦之后由高纯氮导入 GC/MSD(Agilent

**作者简介** 吴云杰(1986-), 男, 黑龙江哈尔滨人, 博士研究生, 研究方向: 环境生态。

**收稿日期** 2014-01-06

5973 GC/MSD)进行分析<sup>[6]</sup>。

**1.3.1 预浓缩系统的条件。**第1级冷阱初温为-150℃,解析温度10℃,解析之后阱在150℃下烘烤5min;第2级冷阱温度为-40℃,在50℃下预热后在180℃下解析3min,之后阱在190℃下烘烤;第3级冷阱深冷聚焦温度为-150℃,样品注射时间为2min。

**1.3.2 GC条件。**毛细柱为HP-1(60m×0.32mm i.d.×1.0μm);载气为99.995%高纯氦气。升温程序是在-50℃保持3min,15℃/min升至10℃,继以5℃/min升至120℃,最后以5℃/min升至250℃保持10min。

**1.3.3 MSD条件。**离子源温度为250℃,电离方式是电子轰击(EI)、电离能70eV、电子倍增器电压1600V。MSD扫描方式为选择离子扫描(SIM)。

**1.3.4 化合物的定性和定量分析。**通过108种混合标准气体(由加州大学Irvine分校化学系Rowland/Blake研究组提供)的色谱保留时间和质谱图进行定性分析,通过外标法用标准混合气体为各个化合物分别建立校正曲线进行定量分析<sup>[7-8]</sup>。

## 2 结果与分析

**2.1 挥发性有机物(VOCs)成分特征** 该研究中主要检出的VOCs为烷烃、烯烃、炔烃、卤代烃和芳香类物质,其中,烷烃类化合物主要是丙烷、丁烷、正戊烷等,烯烃中有丙烯、异戊二烯等;在卤代烃中,卤代烷烃和卤代烯烃是普遍检出物,如一氯甲烷、氯乙烯、三氯乙烯、四氯乙烯等;在芳香类化合物中,典型的检出物为单环芳烃,如BTEX(苯、甲苯、乙苯和二甲苯)和苯乙烯等。从主要VOCs的浓度水平(表1)可以看出,苯的最大浓度为229.3μg/m<sup>3</sup>,大大超过了EPA规定的16.5μg/m<sup>3</sup>标准。苯是一种已知的致癌物质,生活中尽量减少对其的接触,如若长时间暴露在高苯含量的环境中,癌症的发病几率会大大增加。甲烷和一氧化碳的浓度值较大,这可能与烧煤、炼焦以及汽车尾气有关,且采样时间正处于采暖期后期。氯甲烷是一种具有醚样微甜气味的无色气体,它与空气混合能形成爆炸性混合物,遇明火、高热可引起燃烧爆炸;腐蚀某些塑料、橡胶和涂料,对中枢神经系统有刺激和麻醉作用,亦能损害肝和肾<sup>[9]</sup>,因此氯甲烷这种挥发性有机物也不容忽视。

太原市是世界十大污染城市之一,二氧化硫、颗粒物以及氮氧化物水平超过了世界卫生组织标准。由图1可见,太原市的苯、甲苯、乙苯、邻/间-二甲苯的平均浓度均是相较世界各国城市最高的。随着科技的进步,我国的各方面情况应该均在好转,广州、香港、南京这些发达城市的污染物水平相较太原也是较低的。太原市炼焦、炼钢厂等较多,排放的废气有时未达国家标准,加之太原市的机动车保有量逐年增加,致使这些苯系物的浓度有所增加。此外,太原市地处太原盆地,整个地形北高南低呈簸箕形,不利于污染物的扩散;而且受到逆温的影响污染物流动不畅,更加不利于其扩散,从而使污染物的聚积浓度增加。悉尼位于澳大利亚东南岸,是处于东面的太平洋与西面的蓝山之间的沿岸盆地,属于副

热带湿润气候,全年降雨,这样的天然条件可能与其苯系物浓度最低有关<sup>[10]</sup>。

表1 主要VOCs平均浓度水平

化合物	μg/m <sup>3</sup>				标准差
	最大值	最小值	中间值	平均值	
甲烷	1 527.0	944.6	1 199.3	1 202.7	130.5
一氧化碳	8 888.5	1 104.1	2 424.4	3 031.4	1 658.4
丙烯	45.2	9.0	19.8	19.8	8.1
丙烷	54.3	23.4	34.0	39.1	10.2
异丁烷	4 519.7	22.2	73.0	394.0	914.3
正丁烷	297.7	10.4	23.5	42.3	57.7
1-丁烯	54.3	7.0	19.0	21.6	11.8
异戊烷	266.2	13.0	30.1	51.3	53.7
正戊烷	65.7	5.4	13.7	15.6	9.9
异戊二烯	64.7	1.3	4.9	7.7	10.5
苯	229.3	14.8	50.0	69.3	54.1
甲苯	1 096.9	11.8	71.8	144.1	201.4
乙苯	1 182.6	1.6	17.0	64.5	199.2
间-对/二甲苯	473.8	1.9	9.9	30.4	79.6
苯乙烯	40.7	0.7	7.7	10.2	9.7
邻二甲苯	317.1	1.0	11.7	428.7	72.2
氯甲烷	8.3	1.6	2.7	3.1	1.5

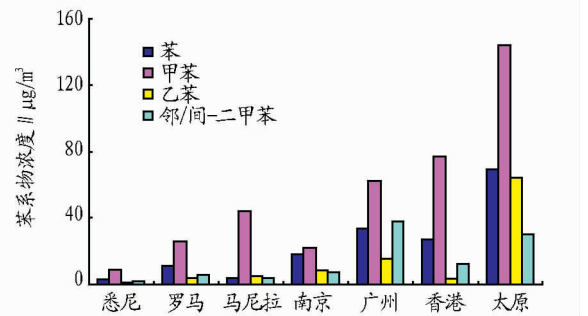


图1 世界各城市的大气环境中的苯系物的平均浓度比较<sup>[11-12]</sup>

**2.2 挥发性有机物日变化特征** 各种具体VOC组分的大气化学活性差别很大,各化合物每天出现浓度峰值的数量和时间并不相同,它们的日变化规律并不具有统一特征。由于城区TVOC中的绝大部分含量为与机动车排放有关的单环芳烃类化合物,因此,城区TVOC浓度表现出与城市交通流量变化相关性很好的特征。从采样5d某一天化合物的日变化特征(图2)可以看出,一氧化碳的浓度变化较甲烷明显,21:00左右出现最高值8.89μg/m<sup>3</sup>,到24:00浓度降至最低;甲烷几乎保持一致,均为2μg/m<sup>3</sup>以下;异戊二烯的浓度从09:00较低开始一直升高,到21:00浓度达最大;丙烯和丙烷的浓度变化趋势相似,到21:00浓度达最大,呈正相关的变化趋势。

**2.3 挥发性有机物来源分析** 城区空气中的VOCs的来源相当复杂,目前的研究表明其天然源主要是一些植物物种的排放,人为源主要是机动车辆、石油化工、涂料、电子厂及民生工业溶剂使用等<sup>[13]</sup>。不同城市VOCs的来源不同。因此VOCs各类来源的特征以及对VOCs的贡献便成为了诸多学者目前关心的问题,也是治理大气污染亟需解决的问题之一<sup>[13]</sup>。

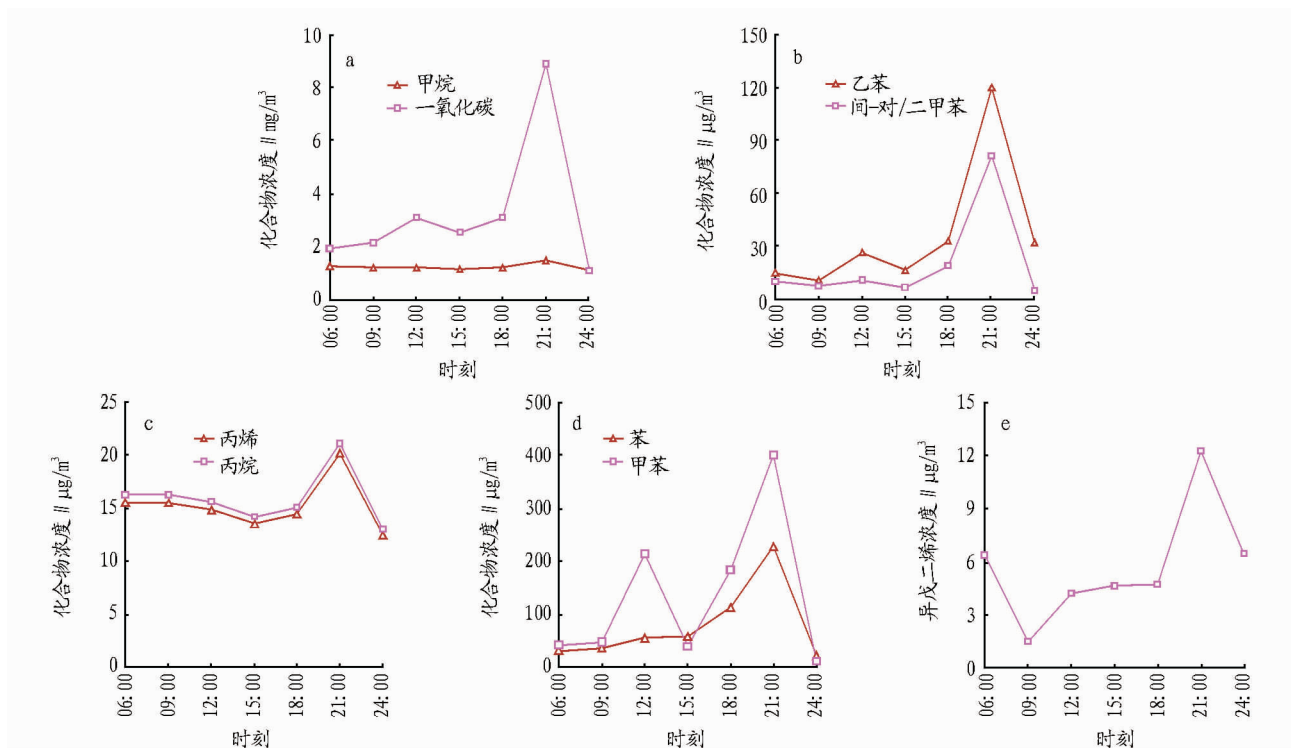


图2 5种挥发性有机化合物的日变化特征

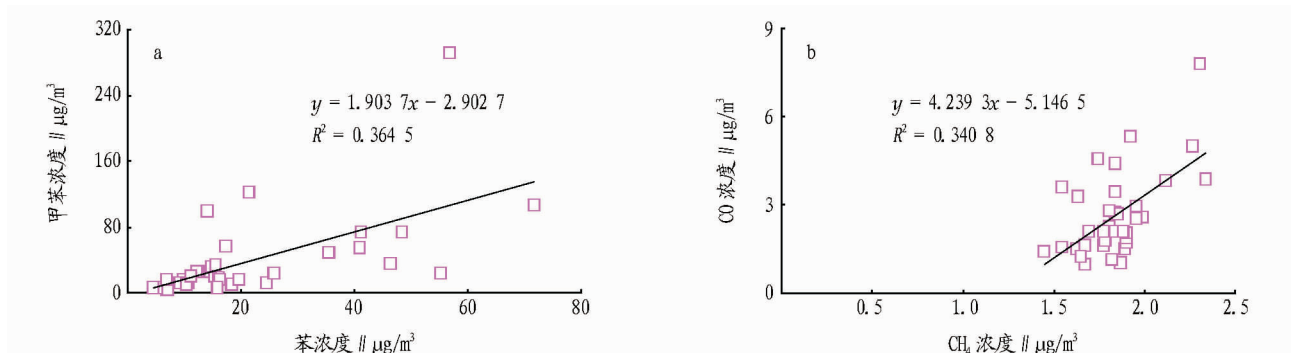
**2.3.1 相关性分析。**从太原市迎泽桥东街道苯系物(BTEX)的相关系数(表2)可以看出,在采样点样品中,除了间-对/二甲苯和乙苯(0.992)、邻二甲苯和乙苯(0.691)、邻二甲苯和间-对/二甲苯(0.719)具有较好的线性相关性外,苯和甲苯(图3a)以及其他化合物之间的相关性相对较差,尤其是甲苯和苯乙烯(0.372)、乙苯和苯乙烯(0.370)之间的相关性最差。由于所选地点是迎泽桥东的十五中学,附近迎泽大街车流量大,人群活动较频繁,附近还有人们工作的场所,因此,污染物的排放源也较多,除了汽车尾气的排放这一主要来源外,还有其他来源,如溶剂挥发、各类生活来源等。

此外,根据SPSS软件分析结果显示,CO和CH<sub>4</sub>的相关性系数为0.584(图3b)。太原地区因地处盆地,工业厂区如烧煤等过程中产生的CH<sub>4</sub>并不易扩散而导致其浓度聚积;而日益增加的机动车保有量又使CO的浓度不断增加。CO是

燃油氧化不完全的中间产物,当氧气不充足时会产生CO,混合气浓度大及混合气不均匀均会使排气中的CO增加。这就是2种化合物的主要来源。为了抑制有害气体PM、HC、CO、NO<sub>x</sub>等的产生,促使汽车生产厂家改进产品以降低这些有害气体的产生源头,欧洲和美国均制定了相关的汽车排放标准,其中欧洲标准II是我国借鉴的汽车排放标准。

表2 太原街道中主要苯系物的相关系数

苯系物	苯	甲苯	乙苯	间-对/二甲苯	苯乙烯	邻二甲苯
苯	1	0.673	0.393	0.431	0.531	0.545
甲苯		1	0.463	0.457	0.372	0.432
乙苯			1	0.992	0.370	0.691
间-对/二甲苯				1	0.453	0.719
苯乙烯					1	0.455
邻二甲苯						1

图3 苯和甲苯(a)、CH<sub>4</sub>和CO(b)之间的散点图

**2.3.2 比值分析。**大量研究发现,苯、甲苯、乙苯和(对+间)-二甲苯之间的质量浓度比值可以反映其来源<sup>[8]</sup>。交通干道大气中的VOCs主要来源于汽车尾气,而苯系物与汽车

尾气污染有直接的关系。有研究表明,芳香化合物之间不同比例的浓度之比可以反映污染物的来源,特别是苯对甲苯的浓度比(B/T)可以判断来源<sup>[10]</sup>,如机动车来源的B/T一般

$>0.5$ <sup>[6]</sup>。因此常采用苯对甲苯的质量浓度之比(B/T)来区分机动车尾气排放源和其他来源。经计算得出,太原市采样5 d B/T的平均值为0.93(图4),而有研究发现,只有当B/T的平均值在0.4~0.8时,交通源的可能性才予以考虑分析<sup>[6]</sup>。因此,除了机动车尾气为一来源外,仍可能有其他来源。太原市的能源以煤为主,煤在燃烧过程中排放的污染物也可能是其来源的一个重要方面。从来自不同来源的B/T数值图以及太原地区和其他城市相比B/T的数值变化(图5)可以看出,太原明显比石家庄、长春的比值低。此次研究是在3月中旬进行的,这时是采暖期后期,用来取暖的锅炉几乎停止运转。同时,迎泽桥东属于繁华地带,建筑物多,人口密集特别是上下班时间,在12:00时,B/T为2.24远大于1。而且气温的逐渐升高更加有利于苯系物的挥发,所以其来源是很广泛的。

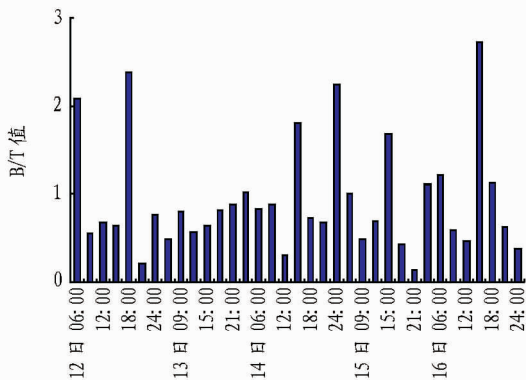


图4 太原市2012年3月12~16日采样5 d B/T数值

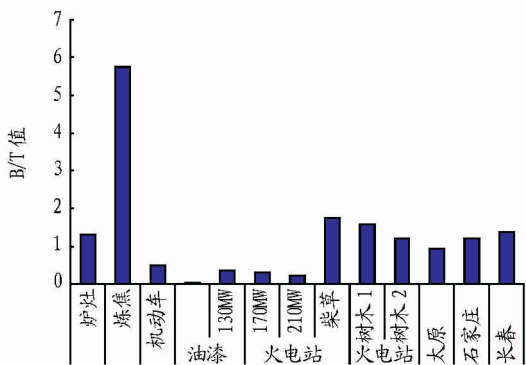


图5 不同来源以及不同地区的B/T

**2.3.3 因子分析。**利用SPSS统计分析软件对45种化合物进行成分分析,得到各个因子对VOCs的贡献率(图6)。由图6可见,太原市的VOCs污染主要受3种因子的影响。第1因子对VOCs的聚积度很高,为35.80%,其来源与交通有关,可能是车辆废气包括内部发动机燃料燃烧及未燃尽燃料的排放,如汽车油箱、车用燃料的蒸发等原因所致;乙苯、邻/间-二甲苯等对其的贡献很大。第2因子对VOCs的聚积度为10.82%,其来源可能与城市建筑、溶剂挥发、涂料和油漆等有关;第3因子聚积度为9.47%,其来源可能是石油、天然气以及化石燃料的燃烧等,其中烷烃的贡献较其他化合物很大。SPSS分析结果显示共有9个因子对VOCs有贡献,其聚积度为83.746%。部分化合物的FC1来源比例分别为苯占

0.784%、甲苯占0.742%、乙苯占0.623%、间-对/二甲苯占0.683%、苯乙烯占0.623%、邻二甲苯占0.695%,可见BTEX的第1种来源的可能性均很高。BTEX主要均来自于一些建筑、装饰材料及人造板家具溶剂的挥发,如洗涤剂、墙纸、粘合剂、油漆等。苯乙烯主要用于制造一些绝缘材料的溶剂。所有的液体清洁剂中均含有甲苯。

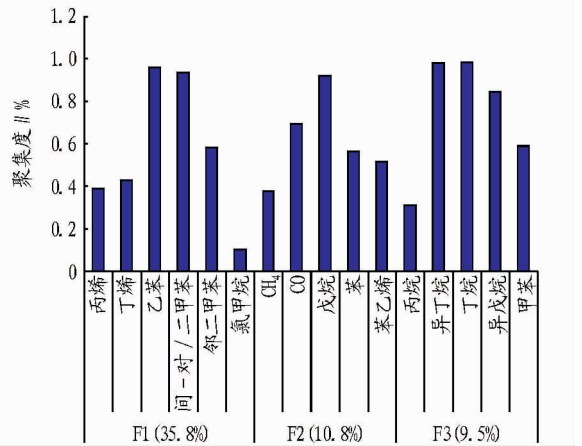


图6 VOCs的主要因子来源

**2.4 臭氧生成潜势** 空气中的VOCs是大气光化学过程的重要前驱物,对大气中的臭氧( $O_3$ )有重要影响,已经成为城市以及重点工业区域环境空气污染的重要组成部分。VOCs的臭氧生成潜势与其浓度和反应活性有关。目前对VOCs光化学反应的研究方法主要有等效丙烯浓度、 $OH\cdot$ 反应活性和增量反应活性等,其中用的比较多的是增量反应活性(Incremental Reactivity)法。臭氧生成潜势为每种VOCs的质量浓度( $\mu g/m^3$ )和相应MIR(最大增量反应活性)系数(单位浓度VOCs所能生成 $O_3$ 的最大浓度)的乘积。经过对不同光化学活性的烃类的臭氧生成潜势(OFP)值的计算可以看出,此次采样在无臭氧状态下,OFP( $OH$ )的变化区域为 $3.41 \times 10^{-13} \sim 6.65 \times 10^{-10}$ 。异戊二烯、丙烯等主要来自汽油汽车尾气排放的化合物,是太原市光化学臭氧生成的主要贡献者。不同的VOCs对于光化学反应的贡献程度皆有不同,VOCs具有不同的臭氧生成潜势,具高反应性的臭氧生成潜势的物质一般是那些能与 $OH\cdot$ 快速反应的。因此,限制机动车尾气排放对于地方和区域性的臭氧污染控制有着极其重要的意义。从无氧情况下挥发性有机物的臭氧生成潜势(图7)可以看出,异丙烷是对光化学臭氧生成的主要贡献者,其贡献率为47.38%;苯对太原光化学臭氧生成的贡献率为10.98%。

### 3 结论

(1)太原市地处太原盆地,加之有时受到逆温的影响使得污染物不易扩散而造成积累。

(2)对所进行的VOCs的日变化特征分析中得出丙烷和丙烯呈正相关。异戊烷主要是由于汽油的挥发所致。其他化合物没有明显变化。太原市苯对甲苯的质量浓度比(B/T)均值为0.93,较其他国内国外城市均高,因此,限制机动车尾气排放是有必要的。



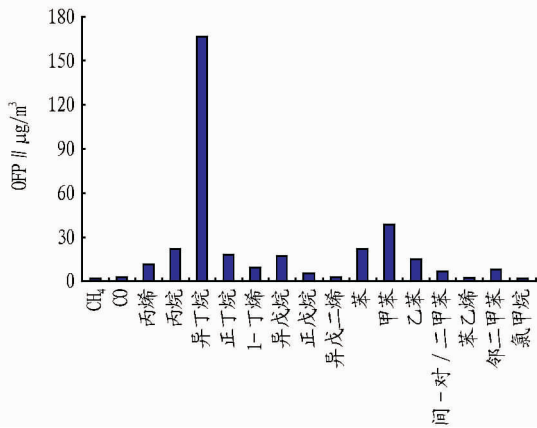


图7 无氧状态下 VOCs 的臭氧生成潜势 (OFP)

(3)太原市迎泽桥东附近的 VOCs 的因子分析表明所研究的污染物主要受家用车辆废气 (35.8%)、建筑涂料 (10.8%) 以及石油、天然气等化工染料的燃烧等 (9.5%) 的影响。

(4) VOCs 的臭氧生成潜势与其浓度和反应活性有关。该研究对臭氧生成潜势做了初步的计算。异丙烷是对光化学臭氧生成的主要贡献者,其贡献率为 47.38%,苯对太原光化学臭氧生成的潜势的贡献率 10.98%。

## 参考文献

- [1] 沈学优,罗晓璐,朱利中. 空气中挥发性有机物的研究进展[J]. 浙江大学学报:理学版,2001,28(25):547-556.
- [2] 张俊刚,王跃思,吴方堃,等. 北京市大气中 BTEX 工作日与非工作日的浓度变化[J]. 环境化学,2009,28(1):112-116.
- [3] 杨伟伟,李振基,安钰,等. 植物挥发性气体 (VOCs) 的研究进展[J]. 生物学杂志,2008,27(8):1386-1392.
- [4] 陈洪伟,王伯光,李攻科,等. 广州地区大气中挥发性有机物的污染状况[J]. 环境化学,2003,22(1):89-92.
- [5] 张卉,郭慕萍,赵双巧,等. 1960-2008 年山西省气温变化特征[J]. 气象与环境学报,2012,27(2):16-21.
- [6] 罗晓璐,沈学优. 杭州市城市空气中苯系物的污染现状及来源解析[J]. 浙江大学学报:理学版,2003,30(5):570-573.
- [7] 何秋生,王新明,盛国英,等. 南宁市街区挥发性有机物暴露水平初步分析[J]. 环境科学研究,2005,18(4):106-115.
- [8] 余应新,文晟,吕辉雄,等. 广州森林大气中 VOCs 昼夜变化特征及对臭氧的影响[J]. 环境科学与技术,2009,32(3):94-98.
- [9] ZHAO L, WANG X, HE Q, et al. Exposure to hazardous volatile organic compounds PM10 and CO while walking along streets in urban Guangzhou, China[J]. Atmos Environ,2004,38(36):6177-6184.
- [10] CETIN E, ODABASI M, SEYFIOGLU R. Ambient volatile organic compound (VOC) around a petrochemical complex and a petroleum refinery [J]. Sci Total Environ,2003,312(1/3):103-112.
- [11] CHUNMING L, YIMING L, MIKHAIL S, et al. Control of  $\beta$ -catenin phosphorylation/degradation by a dual-kinase mechanism [J]. Cell,2002,108(6):837-847.
- [12] 苗欣,孙成,王禹,等. 南京市交通干道大气环境中挥发性有机物的研究[J]. 环境保护科学,2003,29(5):6-9.
- [13] WANG X M, SHENG G Y, FU G M, et al. Urban roadside aromatic hydrocarbons in three cities of the Pearl River Delta, People's Republic of China[J]. Atmos Environ,2002,36(33):5141-5148.

(上接第 1758 页)

华文明。如在聚落规划上有很强的明代风格,而它的装饰纹样则有人类混元时期的“销链”(古时候认为天地相连的铁链)、商代的鱼龙纹、唐卷草以及明清吉祥图案,有的纹样可以说是中国装饰纹样的“活化石”。同时,这些建筑元素还含有西欧的铁艺、拱形门、一颗印等中外建筑的精髓,说明自夏至明清的建筑装饰符号在此都有应用,所以至今依然焕发着辉煌的风采<sup>[8]</sup>。

## 5 古镇文化传承分析

和顺古镇建筑从聚落布局规划至单体建筑构成、建筑装饰,都体现了传统建筑文化在汲取中华文明的营养中成长的脉络,给当今乡村聚落规划以及城市建筑的设计带来灵感。通过调查分析,发现古镇文化传承具有正向与负向两个效应。

和顺古镇并没有“守旧如旧”,旅游公司在保护古建筑的同时,也修缮了部分古建筑,同时也开发了展示古镇的建筑,尤其是“和顺小巷”的建造,依古建筑群建立了大马帮博物馆、民俗博物馆等,在规划上是科学的,符合规划保护的原则,如在陷河边开发的建筑群,用一条长廊贯穿几座建筑,起到移步换景的效果。在空间处理以及装饰符号的运用上,老建筑、月台、牌坊等得到及时修缮与仿造,尤其是在开发时保留了聚落边界,这是一个很大的成功。这些都是古镇文化传承的正向效应。

在大马帮的繁荣消失之后,村民回到了以前的务农时代,乡村经济结构产生了变化。旅游公司在宏观管理的同

时,保留了居民的院落,借助旅游的时机,村民主要在自己家庭内开设饭店旅馆,加工经营玉器,营销小商品等。与此同时,村民在沿街、沿巷根据家庭的财力与审美开始改造庭院,扩大建筑面积。调查过程中发现,新民居即使依然保持古民居的结构与布置形式,但在用料以及装饰上却缺失了应有的文化内涵,这主要是经济所限和建造工期的短暂所致。新民居建筑只有外形而没有深厚的建筑文化精神,这是古镇在成长中的一个负向效应。

## 6 结语

和顺古镇的成长经验在于借助私人巨大财力,运用多元文化进行建造。从建筑中可以看出对于建造的考究与热爱,其对于传统文化的传承来源于集体无意识,而对于外来文化的融合却给予深入考量,所以多元化符号的运用是古镇成长发展的经验之一。

## 参考文献

- [1] 朱佳. 腾冲和顺古镇旅游开发中的保护问题及其研究对策[D]. 昆明:云南师范大学,2006.
- [2] 寸炫. 云南和顺镇的宗教祭祀活动及其功能研究[D]. 昆明:云南大学,2010.
- [3] 梁洁. 人类学视野下的和顺侨乡[D]. 北京:中国民族大学,2009.
- [4] 殷子渊. 从和顺到横街[J]. 华中建筑,2010(6):62-64.
- [5] 张轶群. 中西建筑文化交融下的古聚落\_和顺侨乡[J]. 中南铁道学院学报,2010(6):62-64.
- [6] 阮仪三. 云南腾冲县和顺镇——国家历史文化名城研究中心历史街区调研[J]. 城市规划,2006(4):97-98.
- [7] 童志勇,李晓丹. 传统边地聚落生态适应性研究及启示——解读云南和顺乡[J]. 新建筑,2005(4):22-25.
- [8] 腾冲县人民政府. 腾冲老房子[M]. 昆明:云南人民出版社,2009:60-72.