

文章编号: 1008 - 2786 - (2014) 1 - 46 - 06

山地城市道路交通环境特点及其控制对策

李泽新¹, 王 蓉²

(1. 重庆大学 建筑城规学院 重庆 400045; 2. 云南农业大学资源环境学院 云南 昆明 650201)

摘 要: 山地城市交通方式单一, 机动车是居民出行的主要交通方式, 但道路坡陡、路窄、弯多, 机动车所产生的交通环境问题尤为突出, 并具有与平原城市不同的道路环境特点。从山地城市道路的坡度、线形、宽度等技术特征方面, 研究机动车尾气及噪声污染与道路等级、坡度、曲度的关系, 提出合理确定道路纵坡与曲线半径的建议; 从山地城市道路的流量、速度、密度等交通特征方面, 研究机动车尾气及噪声污染与交通流的关系, 提出合理确定道路服务水平与设计速度的建议; 从规划、管理、政策、技术等方面, 提出山地城市机动车尾气与噪声污染控制和引导的策略与措施。

关键词: 噪声; 尾气; 控制; 山地城市

中图分类号: F512.99 U491.9

文献标志码: A

城镇化是中国全面建设小康社会的重要措施, 城市人口增长必然导致机动交通需求不断扩大。伴随城市机动车的快速增长, 汽车尾气与噪声污染越来越严重, 已经引起社会的广泛关注, 尤其是近年来部分城市的日益严重的阴霾天气与 PM_{2.5} 污染, 使我们不得不认真反思, 在发展我国汽车工业及满足国民日益增长机动车需求的同时, 如何有效实施交通环境污染控制与保护。而山地城市由于机动车出行比例高, 以及道路弯多、坡陡等因素, 噪声及尾气排放的环境污染问题更为严峻, 复杂人地关系背景下交通环境控制, 较平原城市更为紧迫。

1 山地城市的道路环境特点

汽车的噪声、尾气污染与道路特征有关。山地城市由于地形条件限制, 道路弯道多、起伏大, 且坡陡、路窄, 对交通环境有重要影响。通过控制、引导道路的规划建设, 可以实现一定程度的交通环境改

善目标。

1.1 道路环境与噪声

道路交通噪声分为低频、中频和高频噪声, 高频噪声(频率 2 000 ~ 16 000 Hz) 主要为汽车喇叭声音, 中频噪声(频率 500 ~ 2 000 Hz) 多为汽车发动机振动与排气声音, 低频噪声(频率 200 Hz 以下) 主要是汽车行进中的胎噪与气噪。就噪声防护而言, 高频噪声相对容易屏蔽和消除, 中频及低频噪声属于长波, 穿透力很强, 不容易防护; 山地城市道路噪声与平原地区城市相比, 差别主要在中低频噪声方面, 即道路坡度、弯道影响所致的汽车发动机振动、排气噪声及轮胎气躁。

1.1.1 道路起伏频繁, 纵坡大, 噪声高

道路纵坡对噪声的影响, 表现为坡度越大噪声越高: 就同一车辆而言, 当坡度小于 2% 时噪声主要为胎噪, 与坡度大小、上下坡几乎无关, 上坡坡度 3% ~ 4% 时增大 2 dB(A), 5% ~ 6% 时增大 3 dB(A), 7% 时则增大 5 dB(A); 就车型而言, 坡度对小

收稿日期(Received date): 2013 - 03 - 31; 改回日期(Accepted): 2013 - 09 - 08。

基金项目(Foundation item): 国家科技支撑计划课题《城镇群高密度空间效能优化关键技术研究》(2012BAJ15B03)。[Supported by National Science and Technology support plan research subject, the study on the key techniques of high density space efficiency optimization in City cluster(No. 2012BAJ15B03).]

作者简介(Biography): 李泽新(1964 -) , 男, 重庆大学建筑城规学院副教授, 博士, 主要研究方向: 城市规划与设计、城市道路交通。[Li Zexin (1964 -) , male, Suining of Sichuan province, Ph D, associate professor of Chongqing University Faculty of Architecture and Urban Planning, research in urban planning, design and urban traffic.] E-mail: prolizx@163.com

汽车影响小,对大型车尤其是载重车影响大,载重汽车上坡时的噪声较平坡高 10~15 dB(A),噪声来源于车辆的机噪,即使是下坡路段,噪声仍然较平坡高 3~5 dB(A),噪声来源于车辆的制动噪声与路面摩擦噪声^[1]。

1. 山地城市道路起伏频繁,坡段道路比例高,如重庆、万州等典型山地城市,城区道路坡度在 3% 以上的道路比例占 80% 以上,“路无三尺平”是民间对山地城市道路的直观理解,道路沿线噪声普遍高于同等交通流量的平原城市。

2. 山地城市超过 5% 的大纵坡路段多,如重庆渝中半岛除平行江岸的南干道、北干道、中干道坡度相对较小外,干道之间的联系道路,如中兴路、南区路、棉花街等,道路坡度普遍较大,一些路段纵坡甚至超过 9%,大纵坡道路沿线的交通噪声是比较严重的。

3. 山地城市重型车比例大,大型公交车辆承担居民出行主要任务,上下坡噪声均较高。因此,山地城市道路噪声,因坡度影响高于平原城市。

1.1.2 弯道和小半径路段多,噪声高

根据实测和已有研究,在半径低于 400 m 的小半径弯道上,由于汽车频繁制动与加速减速,汽车发动机噪声与路面摩擦噪声均有一定增加。

1. 山地城市由于地形环境影响,道路弯道多,噪声平均声级一般略高于平原城市,如重庆主城区道路平均噪声,1990 年为 75.5 dB(A)^[2],2010 年昼间等效声级高速公路为 77.5~78.1 dB(A),主干路为 75.9~77.1 dB(A),次干路为 70.2~71.3 dB(A)^[3],而广州市 2007 年城市功能区昼间环境噪声等效声级平均值为 61.1 dB(A)^[4],2011 年武汉市城市道路交通噪声平均值为 69.4 dB(A)^[5]。

2. 在山地城市道路常见的小半径情况下,尤其是低山及重丘地区的城市道路,噪声高于浅丘及平原地区的城市道路。

1.1.3 街道狭窄,不利噪声散射

道路交通噪声的传播包括反射、折射、透射,噪声影响范围随距离呈现对数衰减,且与地形环境和建筑布局及高度有关。就山地城市而言,由于地形环境复杂,噪声的影响较平原城市更严重。

1. 山地城市道路狭窄,街道高宽比(建筑高度与街道宽度之比)大,噪声的反射和混响容易形成噪声峡谷,对临街建筑影响更大。

2. 道路交通噪声属于线源噪声并具有流动性,

对环境的影响较固定的点源、面源噪声更大,山地城市道路线形的上下起伏与左右转折,对两侧建筑的影响大于平直路段及平原城市。

1.1.4 因路面材料特点,增大噪声

道路路面材料常为沥青混凝土及水泥混凝土,路面类型、平整度直接影响胎噪,如水泥路面因为平整度及伸缩缝的影响,胎噪高于沥青路面 5 dB(A)左右^[6]。

1. 山地城市部分坡道道路,由于防滑要求采用水泥混凝土路面甚至块石路面、礅礅路面,噪声于平原城市常见的沥青路面。

2. 山地城市坡度大于 5% 的道路,由于安全要求设置减速带,在强制减速的同时,造成汽车行驶振动加剧,路面噪声高于小纵坡路段 5~10 dB(A)。

1.2 尾气

机动车尾气是城市大气的主要污染源,我国大城市 60% 的 CO、50% 的 NO_x、PM_{2.5} 及 30% 的 CH_x 污染,是机动车排放的尾气造成的。

研究表明,汽车在平坡及下坡行驶时油耗低、尾气排放量低,且与坡度几乎无关,而上坡时油耗、尾气与道路坡度成正比,道路 8% 纵坡时的油耗与尾气排放量,相当于 2% 时的 2~3 倍^[7](图 1)。山地城市道路由于坡度影响,汽车加减速频繁,CO、CH 化合物污染大,较平直路段及平原城市 NO 化物污染大有显著差别。

道路平面线形常用曲线半径及曲度表示。道路曲度指平曲线转向的缓急程度,一般用单位路线长度上的道路转角(偏角)计量。道路曲度与汽车油耗及尾气排放有很大关系,弯道越多、转向越急,尾气排放量也越大^[8](图 2)。道路平曲线半径大小对汽车尾气排放有一定影响,低速时半径大小对尾气排放的影响较小,高速时半径大小对尾气排放的影响较大,但半径小车速低,产生的 CO 高;高速行驶时如遇小半径平曲线,为保障行车安全及合理速

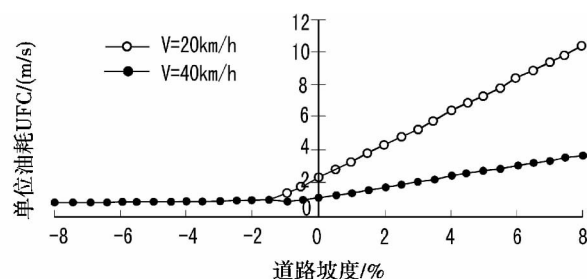


图 1 道路坡度与汽车油耗的关系

Fig. 1 The relation between vehicle fuel consumption and road grade

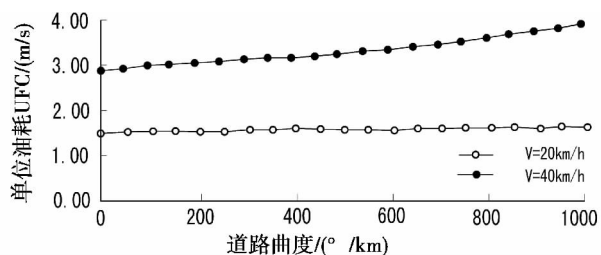


图2 道路曲度与汽车油耗的关系

Fig. 2 The relation between road curvature and vehicle fuel consumption

度, 驾驶员会频繁制动减速与加油提速, 导致汽车油耗与尾气中的增加 CO、CH 化合物污染增大。

2 山地城市的交通环境特点

汽车噪声高低、尾气排放种类与大小, 和车流量、速度等交通特征密切相关, 通过控制与引导道路交通流, 可以实现一定程度上的道路交通环境的改善目标。山地城市的道路环境, 既有交通流特征的共同性, 又有典型的山地特点。

2.1 噪声

研究表明, 道路特征、行车状态、车速、车流量、车型比对交通噪声的贡献分别占 34.8%、25.5%、24.3%、14.8%、0.4%, 车流量、车速对交通噪声的影响是十分显著的^[9]。

2.1.1 交通流量与噪声

交通噪声大小与分布与车流量直接相关。车流量的增加对本底噪声和平均噪声影响很大, 但车流量达到 2 000 pcu/h 以后, 噪声平均值基本不再增加, 此时对环境影响更大的是噪声峰值, 其大小取决于重型车类型, 重车所占比例越大, 噪声峰值越高。

1. 山地城市道路建设难度高, 道路系统中干路多、支路少, 车流量主要分布在主次干路, 噪声影响也集中在干路沿线。

2. 山地城市多桥梁与隧道, 这些地段同时也是城市道路交通的重要通道, 车流量大、高峰时间长, 噪声影响持续时间长^[10]。

3. 山地城市居民机动车出行比例高, 公交车等重型车辆多, 噪声声级较高。

2.1.2 车速与噪声

车速对噪声有显著影响。汽车低速行驶时也有噪声, 噪声源主要为机噪; 汽车高速行驶时胎噪与风噪成为主要因素; 加速行驶频繁的地段比匀速行驶的地段噪声高(图3)。

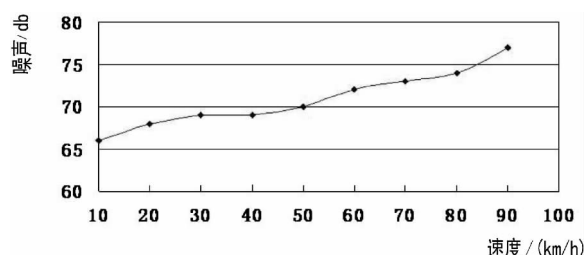


图3 车速与噪声的关系

Fig. 3 The relation between the vehicle speed and noise

1. 山地城市的区间干道由于路口少、非机动车干扰小, 车辆平均速度一般要高于同等规模的平原城市, 如重庆市城区干线道路 2011 年车辆平均速度为 29.4 km/h^[11], 而成都市区干线车辆平均速度为 18 km/h, 广州城区主干道高峰期平均车速 17.3 km/h, 南京市区早高峰平均车速为 17.6 km/h、晚高峰为 14.2 km/h^[12], 因此山地城市区间道路噪声要高于平原城市干线道路。

2. 山地城市的区内道路密度大、车流量高, 平均车速较低, 噪声以发动机振动声及高频汽车喇叭声为主, 与平原城市没有显著差异, 但同等车速情况下由于山地城市道路坡度大, 噪声声级一般仍然要高于平原城市。

2.2 尾气

2.2.1 交通流量与尾气

汽车尾气排放与交通量大小成正比, 但山地城市有特殊性。

1. 山地城市区间干路车流量较大, 但有些组团间道路由于空间开阔, 尾气利于扩散, 汽车尾气污染较轻, 建筑密集地区的区间干道由于车流量大, 汽车尾气污染较重。

2. 山地城市区间干路如位于城市上风向, 尾气的扩散污染对城市影响大。

3. 山地城市的区内道路尤其是片区(组团)中心地带的道路, 机动车流量大、速度低, 以及街道狭窄、建筑密集, 不利于尾气扩散, 常常是汽车尾气的重灾区。

2.2.3 车速与尾气

汽车尾气排放与行车速度有关, 高速行进与低速行进的车辆, 尾气污染均较大, 且不同排放物排放量与车速的关系也不同, 车辆行车超过经济速度时 NO_x 尾气污染也越大; 而低速行驶时主要为 CO 等尾气污染(图4~5): CO 主要由汽车发动机的燃料燃烧不完全而产生, 在空档行驶、刹车、起动、减速和

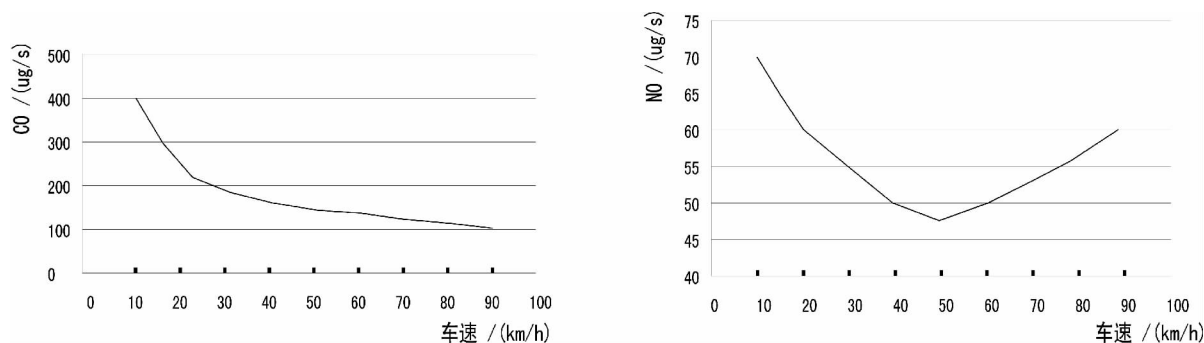


图4 车速与尾气排放量的关系

Fig. 4 The relation between the vehicle speed and exhaust of the offgas emissions

加速时排出量较大; CH 产生于燃烧完全的汽油及汽油燃烧时的裂化,在汽车匀速及减速时产生最多; NO_x 在燃料高温燃烧过程中产生,在汽车发动机高速运转,即高速行驶及陡坡上行时产生量最大,污染越严重。相关研究表明,汽车低速行驶的油耗是自由行驶的 2 倍,相应的尾气污染尤其是 PM_{2.5} 排放量更为严重:将 PM_{2.5} 测试仪器对准汽车排气管,车辆在停车状态下仪器监测平均值为 20 ug/m³,在怠速状态下监测平均值为 214 ug/m³,当踩下油门发动机转速达到 2 500 转,PM_{2.5} 瞬间数值达到 1 095 ug/m³。不同类型车辆均存在一个油耗最低且污染物排放量最低的车速,对于平坡路段,油耗最低与尾气排放最小的最佳速度分别为 42 km/h (轻型载货车)、30 km/h (中型载货车)、28 km/h (重型载货车) 和 90 km/h (小轿车),因此在城市道路上合理确定设计速度对减轻汽车尾气污染是十分重要的。

1. 山地城市的区间道路交叉路口较少,车速一般较高,车辆的加速、减速平原较区内道路少,因此其尾气污染常低于平原区内道路,污染物种类主要为 NO_x 及 CH; 2. 山地城市的区内道路平均车速较低,且车辆加减速频繁,其尾气污染较重,污染物种类主要为 CO 及 CH。

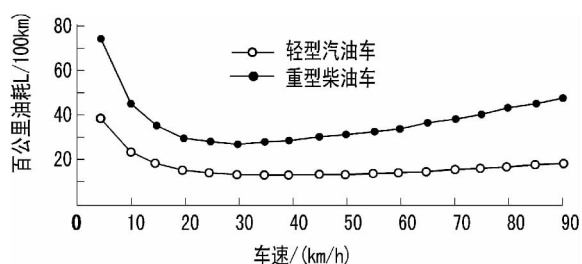


图5 车速与油耗的关系

Fig. 5 The relation between the vehicle speed and fuel consumption

3 山地城市交通环境的控制对策

3.1 城市规划层面

3.1.1 大力发展公共交通

与平原城市居民出行可以依托自行车不同,山地城市居民出行更多依托机动车,但小汽车增长越快、数量越多,交通污染越难控制,因此必须大力发展公共交通,以缓解私人汽车快速增长带来的环境污染压力。山地大城市应逐步发展快速轨道交通,组团或带型布局的山地中等城市,也应预留快速轨道建设用地并严格控制;鼓励采用 TOD、土地混合使用等措施,减少小汽车的使用。

3.1.2 加强道路绿化建设

城市绿化对噪声与汽车尾气有很好的防护作用,应严格按《城市道路绿化规划与设计规范》(CJJ75-1997)建设道路绿地。山地城市由于地形复杂、用地紧张,道路红线宽度一般较窄,道路绿化比例一般均低于 20%~30% 的国家规范要求,但可以采取其他措施进行弥补,如加强道路边坡绿化、适当加密行道树间距等;同时高速公路、快速路两侧一定范围内应强调以乔木为主的绿化。

3.1.3 严格控制高速公路、快速路两侧的土地利用

新区道路红线两侧 50~100 m 以内不得作为居住、办公、医院、学校等建设用地,高层住宅用地应加大建设后退距离。目前一些城市高速路、快速路两侧近距离建设高层住宅区,严重影响居民身体健康,需要管理部门认真研究、严格控制。

3.1.4 加强交通污染较重的干线道路的规划控制

污染企业布局下风下游是城市规划的基本原则,对汽车尾气污染的防护也应遵循,对汽车尾气污染较重的过境公路、快速路,尽量布置在城市下风向

及侧风向,并远离居民区;在城市外围建设环线或绕行线,限制过境车、重载车穿越城市中心及居民密集地区。

3.2 道路建设层面

3.2.1 严格实行建设环评制度

新建道路项目必须进行环评,汽车噪声污染与尾气污染影响评价应作为重点内容,确保机动车交通对居民区、学校的污染在可控之内,不能因为道路建设的重要性去牺牲群众健康;交通污染较重的高速公路、快速路、主干路沿线,后建住宅、学校、医院等项目应实行交通环境影响评价,并采取有效措施确保噪声、尾气在可控之内,当前尤其要加强新建住宅区的交通环境影响评价与污染控制。

3.2.2 合理确定道路技术经济指标

道路设计速度方面,当汽车行驶速度低于 30 km/h 时,汽车噪声排放及噪声污染特别严重,因此从交通环境考虑,干线道路设计速度一般不宜低于 30 km/h;目前一些山地城市从经济因素出发,常采用规范中的下限设计速度(20~30 km/h),甚至降等级确定设计速度,以便于采用小半径与大纵坡,虽然减少了道路投资,但势必会加重道路沿线的汽车污染,对环境的危害是长期的。

道路坡度与弯道半径方面,尽可能采用较小的纵坡与较大的弯道半径;目前城市道路与公路设计规范对坡度、坡长及弯道半径的限制,主要是考虑行驶安全,与经济油耗和尾气排放无关,但现代城市规划建设应考虑交通环境这一因素。《城市道路工程设计规范》(CJJ37-2012)道路最大纵坡可达 8%~9%,其对应设计速度仅为 20~30 km/h,但这种大纵坡造成的噪声与尾气污染是十分严重的;如要保持 40 km/h 以上的客货车经济行驶速度,山地城市道路主次干道的最大纵坡建议控制在 6%以内。道路服务水平方面,新建道路、改建道路车流饱和度应小于 0.8,服务水平在三级以内,以确保车流尽可能匀速、顺畅通过,减少因低速、加减速等带来的交通污染。

3.2.3 科学设置隔音设施

根据山地城市道路上下坡、平坡、桥梁路段交通噪声的不同频率特点,合理选择隔音材料;根据交通噪声的线源性、流动性特点,科学设置隔音墙,设置范围与高度,要依据山地城市道路线形、坡度、宽度,经科学计算后确定,不是简单的走形式。

3.2.4 加强新材料的应用

采用改性沥青路面、消声水泥等材料修筑低噪声路面,减轻汽车轮胎与路面的摩擦噪声;在隔音墙材质等方面,加强新材料的研究与应用。

3.3 汽车层面

3.3.1 大力推广新能源汽车

目前我国私人汽车发展还处于起步阶段,汽车工业一定要走环保路线,应当大力推广电动汽车及天然气、乙醇等新能源汽车,否则若干年后大量高污染家用轿车的使用,对我国城市环境保护将造成灾难性影响。

3.3.2 合理确定汽车报废年限

汽车尾气与车辆使用年限直接相关,必须严格执行车辆的年检控制,确保发动机噪声及尾气排放达到相关标准。目前放宽机动车报废年限,前提必须是确保尾气排放、噪声达标与车辆安全。

3.3.3 提高汽车生产技术水平

改进内燃机结构,使燃料燃烧完全;改进汽车的废气净化装置,加装净化装置等。

4 结 论

自 1994 年新的汽车产业政策实施以来,我国城市机动车发展进入了新时期,2012 年全国汽车总数 1.2 亿辆,超越日本成为全球第 2 大汽车拥有国,且近 3 a 维持产销量近 2 000 万辆/a 的高水平,成为全球第一大汽车产销大国,预计 2020 年前后全国机动车总数将超过美国成为全球第一汽车拥有大国。中国汽车快速发展是一个必然趋势,能源安全、道路拥挤、环境污染是必须面对的问题,未雨绸缪,建立低碳、环保的城市交通系统,加强交通环境保护,制定相应政策并严格执行,是中国城市交通可持续发展的必然选择。山地城市机动车使用依赖度高、道路坡度大、弯道多、静风频率高,交通污染比平原城市更为严重,加强山地城市汽车噪声、尾气排放的防护及研究,十分紧迫。

参考文献(References)

- [1] Gu Shanghua. The hazards and control measures on the road traffic noise[J]. Traffic and transportation, 2003, 02: 24-25 [顾尚华. 道路交通噪声的危害与控制措施[J]. 交通与运输, 2003, 02: 24-25]
- [2] He Zijun, Zhou zhuyu. Status and trend of the traffic noise and countermeasures in Chongqing[J]. Chongqing Environmental Science, 2003, 25(7): 39-43 [何子军, 周竹渝. 重庆市道路交通噪声现状 & 改善对策[J]. 重庆环境科学, 2003, 25(7): 39-43]

- [3] Guo Ping, Yang Sanming, Li Douguo, etc. Distribution and Countermeasures of Traffic Noise in Chongqing Downtown Areas. *Environment and Ecology in the Three Gorges*, 2010, 53(3): 20–22 [郭平 杨三民 李斗果. 重庆城区道路交通噪声污染状况及对策[J]. 三峡环境与生态, 2010, 53(3): 20–22]
- [4] Chen Xianghong. Noise Pollution Analysis of Urban Area in Guangzhou and Counter measure [J]. *Environmental Science Survey*, 2009, 28(2): 50–52 [陈向红. 广州市城市噪声污染分析及对策研究[J]. 环境科学导刊, 2009, 28(2): 50–52]
- [5] The average decibel of traffic noise in Wuhan city roads is 69.4 [N/OL]. *Chutianandushi Daily*, 2012. 7. 1, <http://www.bwaaa.com/news/20120712206.htm> [武汉城市道路交通噪声平均值为69.4分贝[N/OL]. 楚天都市报, 2012. 7. 17, <http://www.bwaaa.com/news/20120712206.htm>]
- [6] Wang Caixia. the studying the noise of reduction technology and prevention methods on the Highway pavement [D]. Xian: Chang'an University, 2010: 1–2 [王彩霞. 公路路面噪声降噪技术与防治方法研究[D]. 西安: 长安大学, 2010: 1–2]
- [7] Zhou Zhang, Yi. The development and analysis research on vehicles' emission testing system [J]. *Highway*, 2008, (10): 148–151 [周占宇. 浅谈车辆油耗的测定方法及油耗与道路的关系[J]. 公路, 2008, (10): 148–151]
- [8] Zhou Ronggui, Xing Huichen. On The relation between vehicle speed fuel consumption and longitudinal gradient [J]. *Journal of Highway and Transportation Research and Development*, 1993, (10): 15–24 [周荣贵 邢惠臣. 公路纵坡与汽车运行速度、油耗之间的关系[J]. 公路交通科技, 1993, (10): 15–24]
- [9] Ma Chunyan. Studying the Distribution of Traffic Noise and Environmental Impact on Urban Roads [D]. Xian: Chang'an University, 2010: 1–3 [马春燕. 城市道路交通噪声分布特性及影响研究[D]. 西安: 长安大学, 2010: 1–3]
- [10] Di Guoqing, Zhang Bang. Prediction and influence factors of the ramp's noise of the entrance or exit of garages [J]. *Environmental Science*, 2005, 26(5): 205–208 [翟国庆, 张邦. 车库出入口坡道噪声影响因素及预测[J]. 环境科学, 2005, 26(5): 205–208]
- [11] The downtown of Chongqing is not that crowded. the speed of motor vehicle in Chongqing is beyond that in Beijing, Shanghai, and Guangzhou [OL]. *XinHuaNet*. 2012. 05. 23 [重庆主城并非“堵城”, 出行车速超北上广[OL]. 新华网, 2012. 05. 23] http://news.xinhuanet.com/local/2012-05/23/c_123178007.htm
- [12] The average speed of motor vehicles is 18 km/h in the downtown of Chengdu [N/OL]. *Chengdu Evening News*, 2009. 09. 09 [成都中心城区平均车速18 km/h[N/OL]. 成都晚报, 2009. 09. 09]. <http://www.chengdu.gov.cn/special/detail.jsp?id=281103>

The Environment's Characteristics and Control's Methods of Transportation in Road for Mountain City

LI Zexin¹, WANG Rong²

(1. Faculty of Architecture and Urban Planning, Chongqing University, Chongqing 400045, China;

2. College of Resource and Environment, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

Abstract: With the rapid growth of the number of vehicle in China, the problem of traffic environment is more and more serious. The pollution of vehicle noise and gas exhaust of urban traffic is gradually becoming one of the main aspects of urban environmental problems which need to pay more attention to. The traffic mode of mountainous cities is single, and the roads are usually steep slope, narrow width and many zigzags. The mountainous cities face more prominent traffic environment problems, and they are different from the plain cities. The article studies the environmental characteristics of mountainous city's transportation from the technical characteristics such as road slope, linear and width, and suggests some recommendations about road design and construction. It studies them from the traffic conditions such as traffic composition, vehicle flow, speed and density of the vehicle too, and suggests some proposals about the road service level and the road design speed. The paper puts forward some strategies and measures about the control and decrease pollution of vehicle noise and gas exhaust of urban traffic from urban planning, management, policy and technology too.

Key words: noise; exhaust; control; mountain city