

山地城市干线道路关键技术分析

——以贵阳市为例

林 洋

[上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092]

摘 要: 为完善山地城市规划和综合交通系统,需对山地城市干线道路规划设计进行深入研究。通过对山地城市旧城区和新区发展模式的介绍,分析了干线道路在山地城市中的作用。从地形地貌、城市空间布局、交通出行及道路网等方面分析了山地城市特性。在此基础上,针对山地城市干线道路规划设计在功能定位、技术标准、交通组织等方面的特殊性,结合贵阳市城市干线道路建设案例,对山地城市干线道路的功能与标准、交通廊道、线形设计、横断面、新技术理念等提出了技术建议。

关键词: 山地城市;干线道路;快速路;交通廊道;关键技术

中图分类号: U412.37

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)02-0001-05

0 引 言

山地城市是个广义的概念。山地,包括地理学划分的山地、丘陵和崎岖不平的高原。在我国,山地约占全国陆地面积的69%。山地城市是指城市主要区域分布在上述山地区域的城市,它们有着与平原地区城市迥然不同的城市形态和生态环境。此外,在分别占全国陆地面积12%和19%的平原地区和盆地地区,若城市修建在起伏大于50°的斜坡地上,形成了与平原城市不同的城市形态和生态环境,该城市也应归入山地城市之列。

干线道路承担城市中长距离联系交通,以提高城市机动化交通运行效率为原则^[1],形式上包括城市快速路、主干路、一级公路城镇段。

山地城市干线道路对山地城市的城市规划和城市综合交通具有重要意义,其规划设计在功能定位、技术标准、交通组织等方面有着特殊性。结合贵阳市城市干线道路规划设计案例,对相关技术问题进行分析 and 总结。

1 干线道路在山地城市中的作用

1.1 旧城区存量发展模式

山地城市旧城区规划的历史沿革较为杂乱,路网布局形态畸形、复杂,人口及商业聚集程度极高,

低水准的交通出行条件严重制约中心城区发展。土地使用成本的不断增长,使旧城区改造发展的增量模式难以为继。在存量发展模式下,快速干道选址于既有道路通道,采用灵活多样的地面道路、地下道路、高架桥及隧道形式,穿越城市建成区和山岭沟谷,增加道路容量,改善交通出行条件。

1.2 新区集约化发展模式

干线道路是组织城市布局的骨架,同时也是串联各组团及组团内部的通道。近年来,城市新区道路系统规划在总结以往经验的基础上,秉承“近远结合,适度超前”的理念,对城市道路系统的适应性提出了更长期的要求,但土地资源的供给不足又限制了道路用地的相对指标和绝对指标。结合山地城市特征,干线道路网采用集约化规划,快速路主要应用于新区纵横向交通首位度最高的走廊上,主干路则应用于交通首位度次要的走廊上,形成功能级配合理、空间布局均衡的城市骨架路网。快速路承担主出行,侧重于机动性。机动性强调道路的通过功能,快速、无侧向干扰是机动性的基本要求^[2]。若要兼顾可达性则需要设置辅路及出入口,需要更宽的道路红线和更大的建设投资,对于山地城市而言存在难度。主干路按快速化标准规划设计,交叉口采用立体交叉,在确保道路机动性的同时兼顾可达性,这是山地城市干线道路常用的道路形式。贵阳市贵安新区路网中规划了较多的结构性主干路,兼备交通功能和支持城市发展功能。

收稿日期: 2020-07-16

作者简介: 林洋(1979—),男,硕士,高级工程师,主要研究方向为道路交通设计。

2 山地城市特性分析

2.1 地形地貌

山地城市地形地貌难以确定具体的量化标准。我国著名的山地城市有香港、重庆、青岛、大连、贵阳、桂林等。山地城市地形起伏(相对高差),山脉(体)体量、地质水文等条件存在较大差异。对此,提出了道路建设山地化定性指标——相对尺度指标,即地形起伏度与道路红线的比值。该比值范围小于1时,山地地形地貌特征对道路建设影响较小;该比值范围为1~2时,通过一般工程措施可以克服山地地形地貌对道路建设的限制;该比值范围大于2时,一般工程措施难以奏效,需考虑选线手段或大型桥隧结构物方能克服山地地形、地貌对道路建设的限制。在山地城市快速干道规划设计中,以建设场区为单位,对上述特征进行分析研究,提出科学合理的方案。

2.2 城市空间布局

山地城市空间总体布局采用“中心组团”模式、“带状发展”模式、“分片扩张”模式^[3]。“中心组团”模式:有明显的城市中心及若干组团,各部分之间为山脉、江湖、沟壑等天然屏障,不适宜成为建设用地。“带状发展”模式:城市沿山间谷地走向延伸,形成带状布局。“分片扩张”模式:在中心组团布局的基础上,在城市增量发展需求和城市聚集效应的双重作用下,各组团逐渐扩张连片,形成灵活的、不规则的空间布局形态。在城镇化发展的高级阶段,“分片扩张”模式几乎是所有山地城市进一步发展的必然选择。在分片扩张布局条件下:需求方面,随着土地开发强度的增大,交通出行需求激增;供给方面,路网形态固化、级配失衡、容量面临瓶颈,城市交通供需矛盾更为突出。这也是山地城市发展到一定阶段亟待解决的问题。贵阳市城市空间总体布局采用单中心、多组团、南北轴向模式。图1为贵阳市城市空间结构图。

2.3 交通出行特征

山地城市交通出行具有下列特征:

- (1)交通潮汐特征显著,路段常发生拥堵缓行。
- (2)组团间长距离出行占比显著,对道路断面的通过能力提出较大的挑战。

(3)出行模式向公交、轨道转移,在一定时期内效果有限,随着出行总量的增加,出行模式很大程度上向私人小汽车转移。

2.4 道路网特征

路网级配上,普遍性次干路、支路较少,居民出行“最后一公里”条件差,交通性干道受干扰难以避免。

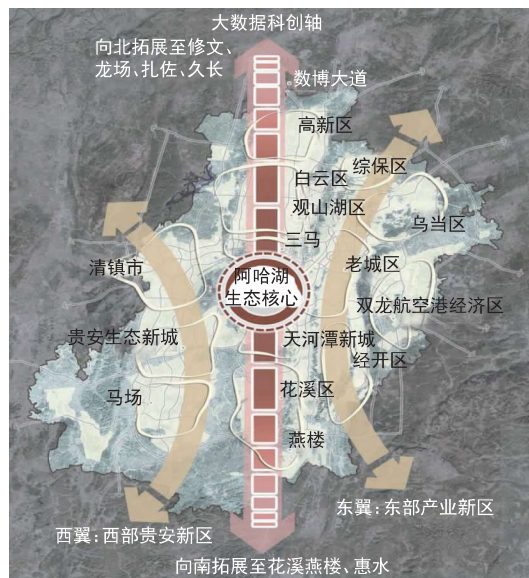


图1 贵阳市城市空间结构图

路网布局形态上,路线非直线系数高,路线可选择性低。路线非直线系数是指路线实际行程与起讫点直线距离之比。路线非直线系数高,决定了山区城市出行距离长、可达性低的特征,同时出行距离的增加导致了路网交通压力的加重。路线可选择性,是指相同起讫点之间可供选择的路线数量。可选择性在一定程度上可以衡量路网服务水平高低。

道路平纵指标较低,通行能力受到一定程度影响,道路安全性能较低,交通事故易导致交通拥堵。

山地城市道路由于路网分布密度、出入口设置条件、交叉口转换条件等因素的限制,路网系统可靠度较低,局部路段或节点发生交通事故,或进行管养维护施工,都有可能迅速诱发大范围的交通拥堵。

交叉口平均间距较大、畸形路口较多,对城市土地和交通运行产生以下影响:

- (1)交通性干道对两侧用地的割裂效应进一步加大,不利于社区融合和居民生活。
- (2)对慢行交通出行模式不友好。区域范围内步行、非机动车出行具有灵活机动、低碳生态的优势,合理的交叉口是慢行交通模式的必要道路设施。
- (3)进出沿线地块的左转交通受到极大限制,需要利用下游交叉口实现“U型”调头,增加了交叉口交通压力,同时在涉及如学校、医院、商城等重要交通吸引点的路段,还会形成交织区,干扰干道交通。
- (4)路段行驶车速较大,容易诱发交通事故。
- (5)转向交通过于集中在有限的交叉口,交叉口服务水平受到影响。

3 关键技术分析

3.1 功能与标准

山地城市地形地貌的特殊性,导致其城市道路网的等级和空间分布的均衡性与平原城市相比有所欠缺,致使干道功能叠加。城市干道一方面承担着集中且繁忙的通过性交通,另一方面又要承担零散的沿线集散交通。

快速干道主要承担出行分级中的主出行,主出行对应长距离通过性交通,要求行驶速度高、容量大、无干扰或干扰较小。干线道路更为突出的特征是机动性,按我国城市道路设计规范,快速干道应按快速路等级或主干路等级设计,山地城市快速干道设计应体现灵活性设计理念。山地城市快速干道采用快速路等级设计时,平纵线形指标及组合、横断面布置、出入口设置、立交间距、桥头垭口距离等,经技术经济论证后可行的情况下可采用灵活指标;山地城市快速干道采用主干路等级设计时,可提升交叉口设计标准,改善安全性能,提高节点通行能力。

3.2 适应山地城市的交通廊道

相对于山区高等级公路强调线位选择,山地城市快速干道更为关注廊道的选择。廊道选择关系到周边建设用地体量、沿线地块可达性、被交道路衔接转换、城市风貌、生态景观、防洪排涝和工程投资等。

与平原城市相比,山地城市快速干道的廊道选择,一方面受城市建成区和总体规划的影响,另一方面受自然地形地貌的限制。城市空间采用“中心组团”模式,连接城市中心与组团之间的快速干道的廊道选择,首先要考虑接线条件。组团要具有一定发展规模的组团路网,接线道路可能有多个选项,需要深入解读城市发展轴线以及国土空间规划、综合交通体系规划、干线道路网规划、轨道交通规划等上位规划,综合考虑交通组织疏解、路网容量匹配、城市风貌融合等因素,同时还要综合考虑沿线地形地貌、用地性质、交叉道路等。

贵阳市中环路通常的城市环线一样，其目标都是提升中心城区范围内出行的机动性，弥补中心城区交通运行时效低的短板，诱导形成环内—环线—环内的出行路径，打造“三十分钟中心城出行圈”。廊道选择要突破传统理念，对标交通矛盾，在交通规划、设施建设、生态保护之间寻求最优解。廊道路线穿越山岭谷地，修建桥梁、隧道，覆盖 86 km² 城市建成区范围。在二环路与中心城区之间的山岭夹缝中开辟一条新的交通廊道，其出行距离与原来绕行

二环路的平均出行距离相比大大缩短,节省了行程时间,减少了碳排放。图 2 为贵阳市中环路北段交通廊道图。



图2 贵阳市中环路北段交通廊道图

3.3 平面线形设计

山地城市干线道路平面线形指标的拟定对道路等级起着反控制作用。例如,某山地城市道路受地形条件限制,其平曲线半径指标的取用受到影响,影响范围决定着道路的设计速度可取 60 km/h,或取 80 km/h。山地城市道路平面线形指标的拟定可以采用综合分析方法:首先,从城市总体规划、综合运输体系规划、道路网专项规划等上位规划层面,明确拟建道路的功能定位,并确定道路等级;其次,根据道路等级以及运营目标,初拟适合的设计速度;再次,依据设计速度,结合现场地物、地形、地貌以及工程地质等条件,选择合理的平面线形指标。对于山地城市道路,需考虑路基横断面、桥隧衔接段、高填方及深挖方、路内路外排水初步方案等,以验证初拟的平面线形指标的可行性和技术经济合理性。如果现场存在难以克服的限制条件,则需要适当放宽平面线形指标,以保证道路工程的总体可实施性。

山地城市干线道路平面线形设计要点包括最小半径和平曲线组合的应用。最小半径指标对山地城市道路交通运行的直接影响:(1)最小半径取用值小于一般值时,驾驶员保持车道、变换车道的操做难度加大;(2)小半径圆曲线内侧视距易受山体等障碍物限制,为事故易发路段;(3)小半径圆曲线路段在一定交通流状态下易产生瞬时流量瓶颈,易诱发多车事故;(4)设超高的小半径圆曲线合并大纵坡时,合成纵坡影响驾驶员操作。

因此,山地城市干线道路平面线形设计应注意以下几点:第一,一般情况下限制取用最小半径极限值,尽可能避免小于最小半径一般值的取值;第二,避免平面线形设计突变,曲率半径应过渡平顺;第三,重视路基高边坡、隧道、地道、斜弯桥、跨线桥、立交等设施与小半径圆曲线的道路安全负效应叠加,

原则上小半径圆曲线不宜与上述设施结合采用。

山地城市老城区路网曲折、地块欠规整,路线需频繁避让高层建筑、轨道车站等重要建筑物,平面线形设计中平曲线和圆曲线最小长度难以满足规范,此时可采用平曲线组合中的S型曲线、凸形曲线和复合型曲线。贵阳市机场路城区段道路等级为快速路,设计速度60 km/h,道路形式为高架桥,两侧控制建筑物较多,平面线形设计采用凸形曲线和复合型曲线,避免了大量拆迁,使用期交通运营效果良好,未见通行瓶颈及交通事故。图3为贵阳市机场路城区段平面线形设计图。



图3 贵阳市机场路城区段平面线形设计图

3.4 纵断面线形设计

山地城市干线道路纵断面设计中有两个重要指标,即最大纵坡度和最大坡长,规划设计过程中需考虑这两个指标对道路交通运营的直接影响。

最大纵坡度对道路交通运营的直接影响:一是在正常天气条件下,纵坡度大的下坡会降低道路安全性能;二是在雨雪恶劣天气条件下,路面径流和凝冻严重降低道路安全性能;三是有货车混入时,纵坡度大的上坡将形成通行能力瓶颈段;四是城市干线道路平交口密度较公路大,纵坡度大的下坡与平交口衔接段为事故易发路段;五是城市干线道路立体交叉,纵坡度大的下坡方向,减速车道及其匝道为事故易发路段;六是在设置中运量交通系统时,道路最大纵坡应能满足中运量交通系统的技术要求。

最大坡长对道路交通运营的直接影响:一是长大下坡降低道路安全性能,尤其在恶劣天气条件下;二是在有货车混入时,长大上坡将形成较长的通行能力瓶颈段,降低道路服务水平;三是在长大下坡接立交匝道时,驾驶员易超速驶入匝道,导致事故发生。

因此,纵断面高程控制主要考虑以下几方面因素:第一,道路高程与两侧地块高程的衔接应合理,兼顾道路技术指标、地块使用功能及开发成本;第二,对高填深挖路段,需结合路基、边坡的建设成本及潜在运营风险,综合论证道路纵断面高程;第三,在互通立交范围,道路纵断面高程需满足立交设计的要求;第四,纵断面高程需考虑防洪及路面排水要求。

3.5 横断面设计

道路横断面空间功能包括:机动车交通空间、慢行交通空间、景观及附属空间。山地城市道路机动车交通空间需注重道路安全方面的考虑;慢行交通空间更多聚焦人性化、社区融合等目标,运用完整街道设计理念;景观空间需要与两侧山地景观有机结合。近年来道路横断面设计又融入了海绵城市的理念和技术,优化道路范围内雨水排放、收集的路径,对雨水进行更有效的控制和利用。图4为山地城市道路横断面图。



图4 山地城市道路横断面图

4 新理念、新技术应用

BIM技术是在计算机辅助设计(CAD)等技术基础上发展起来的多维模型信息集成技术,是对建筑工程物理特征和功能性信息的数字化承载和可视化表达。山地城市道路地形、地貌复杂,通过三维建模、倾斜摄影等技术,建立道路建设场区地物的外观、位置、高度等属性,对道路路基、桥梁、隧道、附属物等进行BIM设计,能够直观反映建成后道路本身及周边场区的真实效果。

潮汐交通明显的路段采用多功能车道,动态化分配道路车道资源,力求道路断面通行能力与交通流分布在时空上相匹配,提升城市路网效率,改善交通运行状态。

客货分离是一种将客运车辆和货运车辆在道路空间上分离的技术,适用于交通繁忙且货运比重大的通道。货运车辆超宽超高,影响客运车辆视距,容易引发交通事故;货运车辆与客运车辆的行驶速度差异过大,是造成局部路段拥堵缓行的直接原因,也是诱发追尾事故的外部原因^[4]。山地城市干道纵坡起伏大、视线差,上述情形尤为突出。因此,客货分离技术的合理运用,有助于提高山地城市干道通行能力,降低与货车相关的道路交通事故率。

HOV车道(High-Occupancy Vehicle Lane)又称共乘车道或多乘员车道(见图5)。交通管理中,将仅供乘坐至少某一规定乘客数的车辆通行的车道称为

高容量车道，可以使用该车道的车辆包括公交车、2 人以上的小轿车或货车。采用 HOV 车道是为提高道路使用效率、缓解交通拥堵、促进交通节能减排而采用的交通管理措施。山地城市干道承担通勤交通，设置 HOV 车道，有利于体现交通公平性原则，有利于倡导居民绿色出行、低碳出行理念。



图 5 HOV 车道图

5 结 语

山地城市干线道路是山地城市完善城市交通、支撑城市发展的产物，国内不少山地城市在道路建设方面积累并总结了丰富的技术经验。本文以贵阳市干线道路为例，对山地城市干线道路的关键技术进行了分析和总结，提出了技术建议。在未来，山地城市道路的规划建设，必然是“生态城市”“智慧城市”“低碳城市”“公交城市”等理念的融合，将更关注城市交通和社区人群的需求，更注重道路用地与开发土地资源的高度整合。

参考文献：

[1] GB/T 51328—2018,城市综合交通体系规划标准[S].
[2] 林洋.美国城市道路分级方法及启示[J].城市道桥与防洪,2020(3): 4-8.
[3] 李德华.城市规划原理[M].北京:中国建筑工业出版社,2001.
[4] 林洋.浅谈高速公路客货分离设计的理念与方法[J].城市道桥与防洪,2011(8): 84-86.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴，为您提供平台，携手共同发展！

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站：<http://www.csdqyfh.com> 电话：021-55008850 联系邮箱：cdq@smedi.com