

doi:10.16055/j.issn.1672-058X.2020.0001.017

基于适应性思维的山地城市道路交通规划方法研究*

曹珂¹, 李和平², 李斌¹, 肖竞^{2**}

(1. 重庆工商大学 旅游与国土资源学院, 重庆 400067; 2. 重庆大学 建筑城规学院, 重庆 400030)

摘要:针对山地城市在道路交通规划方面需要更多地去适应山地环境的地形地貌特征、交通需求与交通组织等问题,以山地城市的道路交通规划研究为核心内容,融入适应性理论的思维方式,提出山地城市规划设计方法;方法结合适应性理论的耦合、协同与组织思维,从路网系统协同宏观地貌、步行空间耦合微观地形、特色交通组织连接瓶颈三方面分别探索符合山地城市地形特征与营建规律的道路交通系统规划方法;经相关案例验证规划方法指导的路网规划有助于形成富有山地特色的城市形态特征与空间环境;方法是符合山地城市地形特征与道路交通需求的规划方法,可完善相关设计理论,指导山地城市建设实践。

关键词:山地城市;适应性;交通规划;路网结构;步行系统;耦合协同

中图分类号:F570.3

TU984 文献标志码:A

文章编号:1672-058X(2020)01-0112-10

0 引言

交通是现代城市的基本功能之一,对城市居民日常生活、生产活动的维持、组织起到引导与支持作用。由于地形原因,山地城市交通系统的组织及其运转与平原地区城市截然不同,导致其难以套用平原城市以完整方格网络式路网组织交通的方式与方法,而需更多地去适应山地环境千变万化的地形地貌特征与交通需求,巧妙灵活地进行交通组织。为此,引入适应性理论,以山地城市的道路交通规划研究为核心内容,结合适应观的协同、耦合与组织思维,探索山地城市路网结构、步行空间以及特色交通设施的规划设计方法。

1 适应性理论与山地城市道路交通规划

在山地环境中,高低起伏的地形地貌对城市交

通组织与规划具有重要影响,既阻碍人工建设的拓展,也为富有特色的山地交通组织提供了契机^[1]。因此,在山地城市道路交通规划与组织过程中,应引入适应性理论思维,从便捷、通达、经济、实用等方面综合辩证地适应山地原生的地形地貌。

1.1 适应性理论源流及其思维主旨

适应原指自然界中生物以对自身机能、行为的调节顺应外部环境变化,以求得其生存发展的生物现象^[2]。其概念最早源自生物学界查尔斯·达尔文的进化论。之后,英国社会学家赫伯特·斯宾塞于1864年在其所著《生物学原理》(Principles of Biology)一书中提出“适者生存”的概念,用以描述自然选择过程中生物有机体对自然环境的适应与发展。1913年,美国生物学家劳伦斯·亨德尔森在其出版的《环境的适应》(The Fitness of the Environment)一书中,明确提出了“适应性”(Adaptation)的科学概念,认为:“‘适应’是‘有机

收稿日期:2019-06-20;修回日期:2019-07-20.

* 基金项目:重庆市教育委员会项目(KJQN201800824, CY171801);重庆工商大学科研启动项目(1755028);教育部人文社科项目(18YJC760101).

作者简介:曹珂(1981—),女,河北邯郸人,讲师,博士,从事山地城市设计、山地城市绿地与景观规划研究.

** 通讯作者:肖竞(1981—),男,重庆人,副教授,博士,从事山地城市设计、历史城镇保护研究,Email:ck8109@126.com.

体’在发展过程中与自然之间相互协调的过程”^[2-4]。至此,适应观在生物学领域发展成熟,并逐渐被 H H 巴罗斯、P M 罗士培、L A 怀特、J H 斯图尔德、J 皮亚杰、P 家格迪斯、E 沙里宁、黑川纪章、I L 麦克哈格、A 拉普卜特等学者应用到地理学、人类学、心理学、社会学等学科以及城乡规划、建筑与景观设计领域,成为一种重要的思维理念^[5]。

1.2 山地城市道路交通规划的适应性思维

另一方面,适应性理论涵盖广泛,具有多种思辨方式。从山地城市道路交通规划设计来看,耦合思维、协同思维与组织思维等典型适应性思维方式与观念具有重要启示意义。

(1) 耦合思维。“耦合”是系统间相互匹配、彼此促进的适应机制、现象和规律^[6]。自然生物在适应其生存环境的过程中所形成的各种功能,便是通过与环境特征的耦合作用所形成。城市交通流的产生本质上源于不同功能用地之间联系的需要。因此,城市道路的路网结构首先需与城市用地的功能结构进行耦合,在用地组织与交通组织上达到自适应。其次,在山地环境中,城市的路网结构和道路形式还应充分与城市所在山地环境的宏观地貌相耦合,即道路线形与等高线转折在总体幅度上的契合,从而增强城市交通建设的可操作性与可实施性。最后,在复杂山地环境中,城市建设用地破碎,道路布线亦受地形条件严重制约,若一味拘泥也会走向另一极端,导致道路网络系统联系性弱,交通组织困难。因此,山地城市的路网系统在整体顺应地形的基础上,可通过局部路段的截弯取直与桥隧连接,保证道路交通系统结构性畅达,以与极端地貌阻碍相对应的机变调节化解现实中的交通问题。

(2) 协同思维。适应的作用过程并非单方面的环境对有机生物的影响,而是有机体与环境之间的相互协调,即主体对象与客观环境双向互动的“协同过程”^[7]。适应行为的根本作用机制决定了适应主与客观环境之间的协同性,因而也引生了适应性理论的协同思维特征。在山地城市道路交通规划设计中,协同思维体现为将具体交通空间的设计定位与微观地形的协同,步行道路走线与步行需求的协同以及山地广场形式与地形高差的协同等,目的在于使相互协同的两大系统能够配合,而不是一味顺应地形。此即适应性理论的协同思维在山地城市道路交通规划设计中的应用。

(3) 组织思维。最后,适应本质为发生在有机主体与客观环境两大系统之间的自然现象。因此,组织思维也是适应性理论的重要思维特征。在山地城市中,由于地形起伏变化影响,在一些极端区域道路无法深入。因此,公路交通在山地城镇中无法做到、也不应强求全覆盖^[8],而应结合局部地段不同的交通需求采取索道、缆车、自动扶梯、电梯以及轻轨交通等多种方式系统组织,处理好各种使机动车交通与步行交通等各种交通方式的转接与换乘,方便人们出行,此即组织思维在山地城市道路交通规划设计中的体现。

综上,适应性理论的思维方法对山地城市道路交通规划与组织具有重要借鉴意义。在地形起伏多变的山地环境中,城市的设计与营建需结合原生地形的高度变化进行适应性的应对与处理,引入适应观的耦合思维、协同思维与组织思维,在路网结构规划、步行空间设计、特色交通设施组织等方面做出针对性调整规划(图 1)。

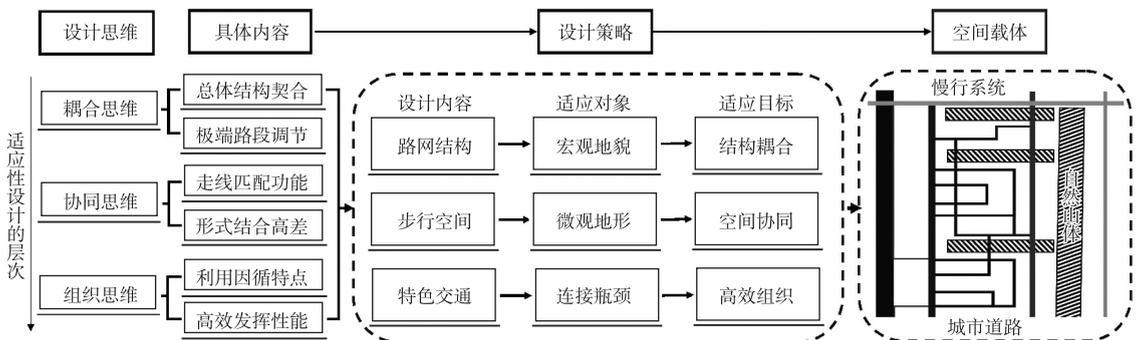


图 1 山地城市道路交通规划的适应性思维与策略

Fig. 1 Adaptive thinking and strategy of road traffic planning in mountainous cities

2 城市路网系统对宏观地貌的耦合适应

道路是城市交通的骨架基础,其布局、走向乃至断面宽度都反映了城市空间功能组织的目的与意图,同时其也受到外力因素的影响和作用^[9]。在山地城市中,路网系统受地形因素影响显著,路网的组织与建构实质反映了人工用地功能组织对山地自然地形地貌条件的耦合适应,应结合不同的地貌特征与城市功能构建相应的路

网体系^[10]。

2.1 路网结构与总体地貌的契合

城市路网结构的设计与确立是道路交通规划的首要任务。在山地环境中,自然地貌高低起伏变化较大,城市路网与交通组织应尽量顺应契合原始地貌,使工程建设更具可实施性。概括而言,山地常见的地貌形态可分为沟谷、团状、指状、丘陵 4 种典型类型。在上述地貌形态的影响下,山地城市易于形成带状枝状、立体圈层、蛇形曲尺与自由格网 4 种城市路网格局,见图 2。

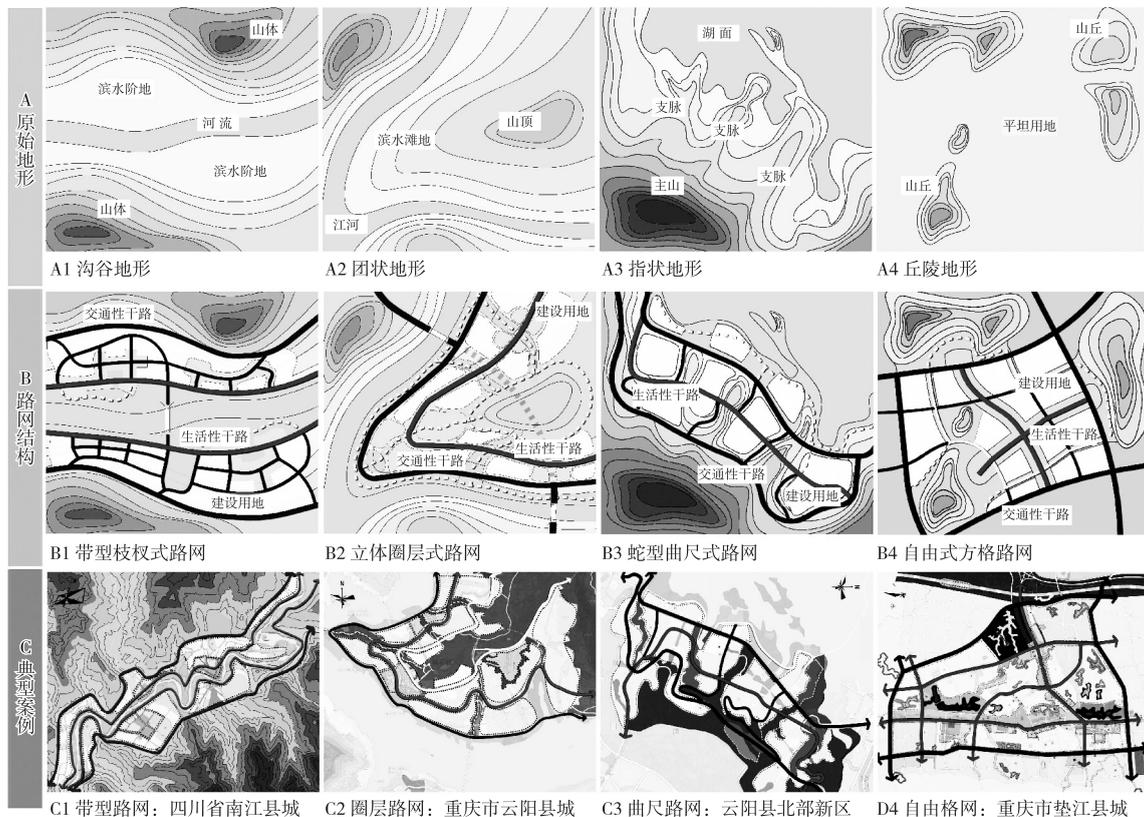


图 2 山地城市常见地貌类型与路网结构

Fig. 2 Common landform types and road network structure in mountain cities

(1) 带状枝权路网。带状枝权式路网常见于建设于江河水系上游的深山沟谷地区,其两侧坡度相对平缓,城市道路常呈现出沿河道水系平行的线性主干路为骨架并以枝端组团道路接入方式所组成的带状枝权式路网结构。在此结构中,城市主要公共设施集中于滨水岸线两侧,使滨水区道路承载了大量的交通荷载,交通职能复合,需要疏解引导;在滨水侧适当布置慢行系统,在近山侧建设分流过境交通的绕城道路,有意识剥离混杂交通流,形成功能明确、流线畅达的城市路网。

(2) 立体圈层路网。立体圈层式路网常见于槽谷区下游江河水系交汇处因切割形成的半岛岭脊地形,城市道路系统则顺自然地形依附山体形成三维立体状的圈层结构,主干道路通常顺应地形等高线布置,次干路与支路则间插性地分布于圈层状平行的主干道之间,以斜向交叉或“之”字盘绕的方式对纵向交通进行连接。在此路网格局中,上部圈层通常围绕团状山脊绿心形成,承担城市游憩交通职能;中部圈层建设密集,承担城市生活性交通组织功能,交通流复杂;下环线常结合团状地形向外延

伸,通过桥梁、码头连接承担城市过境交通职能。

(3) 蛇形曲尺路网。蛇形曲尺式路网常见于树枝状分布的山梁、冲沟切割,整体地貌呈现为非连续的椅背状交替的山地沟梁地貌中。在此类地形条件下,因地表高程、坡度起伏较大,城市路网的干道系统为保证道路尽可能在临近的高程上通过从而控制设计纵坡,道路线形通常采取由若干连续的复曲线组合相接所形成的蛇形平面布线方式,顺应地形高程穿行于沟梁之间串接各片用地,同时结合各组团用地对内、对外交通以及不同交通职能流量的分布梳理道路等级,强化路网结构的系统性。

(4) 自由格网。自由网格式路网常见于用地相对平缓的丘陵地区。在此类地貌下建设的城市用地基面通常较为平整,因受地形条件限制较少,故而与在前述地貌基址上建设的城市相比,道路系统适应地形的自由度最大,路网整体上亦如平原城市般呈现出纵横规则形态,只是局部地段因避让山丘导致线形屈曲、弯折,从而成“自由格网状”的结构特征。在路网络格局中,应结合丘陵地貌自然生态景观资源的分布,分散布置城市职能中心,从而疏散单中心人车交通流量过密的问题,解决城市中心地段的交通拥堵,使景观、生态、交通系统三位一体。

2.2 局部路段对极端地形的调节

在山地城市中,道路线形若过于顺从等高线走向则会造成交通距离的增加,而线形的弯曲和迂回也会影响道路的通行能力,难以满足大运量与客货运机动车辆快速通行的需求,进而引起交通拥挤、

阻塞问题,甚至诱发交通事故^[11]。因此,在山地城市路网系统规划设计遵循、契合总体地貌的前提下,在有条件的路段,也可适当结合城市交通的联系需求,采取能动调节的方式,使道路线形流畅,确保通行能力。具体可从线形截弯取直、道路纵坡调整、桥梁隧道连接三方面着手:

(1) 平面线形截弯取直。山地道路的截弯取直应结合城市交通需求与地形条件综合考虑、慎重施行。一方面,在线形取直路段的选择与改造上,应首先结合区域的整体场平方案通盘考虑路网的整体格局,避免局部极端原始地貌对道路走线的影响。另一方面,按照我国《城市道路交通规划设计规范》的划分,城市道路可分为城市快速路、主干路、次干路与城市支路4级^[12]。主干路与快速路在城市交通中起着系统连接的作用,道路交通组织对通畅的要求较为明显;次干路起着分区与组团内部交通组织的作用,对“通畅”与“抵达”的需求较为平衡;支路在城市交通中则主要起着“达”的作用,即对基础的客货交通进行集散组织。因此,在山地城市中,对道路线形截弯取直的优化调整应更多聚焦于城市的快速路与主干道,而对于交通流量荷载较小的生活性道路、次干路以及城市支路,则可尽量保持其随形就势的自然形态,避免地形改造对原生自然生态环境造成过多破坏。此外,道路的平面线形应结合等高线的总体走向进行优化,大致顺从自然地形走势,在高程接近的联系点之间进行连接,通过半径较大的平曲线代替笔直的线形走向,以顺畅作为道路调整的根本目标,见图3。

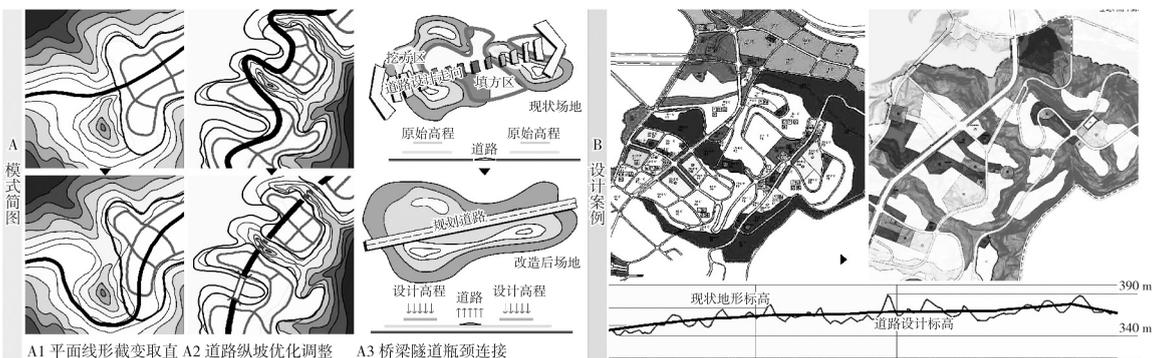


图3 山地城市局部路段对极端地形的调节改造

Fig. 3 Adjustment and transformation of local sections of mountainous cities for extreme terrain

(2) 道路纵坡优化调整。在对道路平面线形进行截弯取直调整的同时,还应注意结合路段前后高

程对道路纵坡进行优化。通常情况下,山地城市道路纵坡的极限坡值较平原地区更大,城市主干路的

最大纵坡可放宽至 8%,其他等级道路的极限坡值也可相应放宽。但极限坡值对应的通常是通行速度较缓、曲折弯延的平面线形。而一旦对山地道路平面线形进行了截弯取直调整,其相对道路纵坡会因水平距离缩短而增大,同时车辆的通行速度也会因线形顺畅而增加,两相叠合,便会导致局部路段车辆运行速度失控,进而诱发交通事故。为此,在山地城市道路系统的优化调整过程中,应借助地理信息系统对不同道路线形、纵坡走向的平均通行能力、高程值以及建设挖填土石方量进行综合测算,以确定设计道路线形的走向与相应的高程挖填幅度,使调整后道路的纵坡坡值处于合理区间范围,与其平面线形相互匹配,见图 3。

(3) 桥梁隧道瓶颈连接。最后,在克服山地地形阻碍的道路截弯取直过程中,对骨架道路的优化调整通常会在极端地段通过架桥、穿隧方式进行连接,以保障道路的通达。此即山地城市道路设计中的桥隧连接,也是适应性思维中“耦合”原则的一种体现。桥梁连接常见于原始地形等高线相邻区域(起伏较大的沟谷、江河两侧)间具有较大高差地段的互通。隧道连接则常被遇到与通行方向垂直走向的山体阻隔时等级较高的山地城市道路所采用。与因循地形建造的翻越或绕行障碍山体的盘山道路相比,隧道穿山的连接方式通常会更加便捷,使两侧行驶车辆易于相互通行。在隧道连接过程中,道路横断面设计可根据实际情况进行调整,将一条宽路幅的道路分为两条窄路幅的道路进行

穿隧,以减少工程施工过程中的挖填方量。

综上,在山地城市中,为保障城市交通联系的便利与通达,在山河阻隔的特殊路段,需适当采取“截弯取直”的机变策略,以桥梁和隧道工程优化城市的路网系统,保障城市各组团间交通流的高强度联系。

3 城市步行空间对微观地形的协同适应

在山地城市中,步行交通是居民实际使用与出行频率最高的交通方式。除机动车路网系统的规划与梳理外,山地城市步行空间的打造与建设同样重要,其不仅对城市交通组织起到有效补充作用,同时也渗入山地城市居民的日常生活,与市民的公共活动密切相关^[13]。因此,在山地城市交通规划与设计中还应充分结合山地微观地形环境特征,建构组织立体化的山城步道系统与富有地域特色的城市外部空间。

3.1 山城步道走线与功能的匹配

对山城步道系统进行具体的空间设计前,应首先从总体上对城市建设所在的基址地形关系有准确判断,以便将不同的步道职能匹配到相应的山地空间位置中。具体而言,在山地环境中,按步道系统与地形等高线的关系,步道可大致分为与等高线平行、垂直和斜交 3 种形式(见图 4),其各自的功能特点与匹配功能分别为:

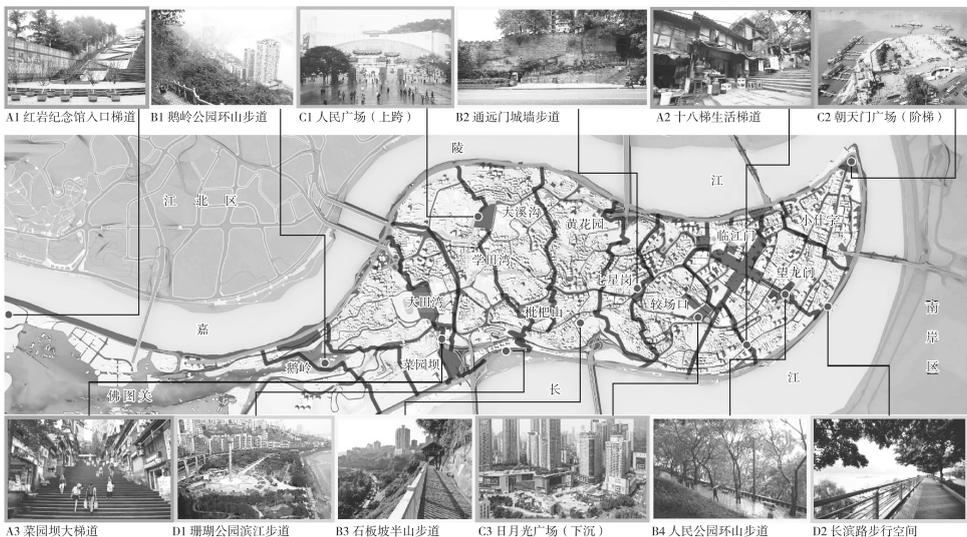


图 4 重庆渝中半岛步行空间对微观地形的协同适应

Fig. 4 Synergistic adaptation of walking space to micro-topography in Yuzhong Peninsula, Chongqing

(1) 平行等高线。在山地城市坡度相对平缓的滨河、滨江、滨湖以及滨海区域与高程较高山顶区域通常会设置滨水步道与环山步道,这些步行空间平行于等高线布置,界面开放,环境舒适,布置有足够的座椅与景观小品,可供人驻足休息、停步观赏,是城市中重要的生态与景观资源区,为市民游憩与观景服务。

(2) 垂直等高线。在山地城市中,受地形因素影响,局部地段空间高程起伏剧烈,极易形成陡坡、堡坎或崖壁等极端地形将空间分隔。在此类用地条件下,车行与轨道交通需要绕行较长距离才能够获得对上、下台建设用地的连接,但垂直于等高线修建的梯道却可以适应陡坡地形,直接联系各台地空间,使城市交通组织更为顺畅,节省市民出行的时空距离。可见,垂直于等高线的梯道主要为服务城市交通联系而建,常布置于各用地组团内部,顺应地形走向弯折,在条件允许情况下可在露天梯道两侧或中部增设扶手,以体现现代城市设计的人性化原则。

(3) 与等高线斜交。除与等高线平行或垂直设置外,山城步道系统还有多数于等高线斜交,是城市中不同台地单元间联系的重要步行通道,也是山地居民康体健身的重要公共空间载体,兼具交通联系与景观游赏功能。与等高线斜交的步道有的独立设置,有的与车行道路平行设置,通常位于半山区域,结合用地条较为险陡的崖壁建设,线形随地形变化蜿蜒曲折,以梯坡结合的方式进行缓急起伏调整。

3.2 山地广场形式与高差的结合

广场,是城市公共空间的节点,是市民公共生活展开的重要场所。在山地城市中,受地形因素影响,广场空间节点数量较平原城市更多,空间形态更加丰富,立体化特征明显。具体而言,山地广场可分为斜面广场、阶梯广场以及上跨、下沉等多种形式,在山地城市开放空间设计中,应充分结合地形,塑造特色山地外部空间^[14]。

(1) 斜面广场。适用于坡度相对较缓的原始地形,其空间特点在于通过连续的斜面与坡道对高低不同的空间区域进行连接,而这些用于交通连接的斜面空间坡度通常在8%以下,可供人驻足停留、休

憩与活动,充当广场,具有趣味性的空间视觉效果。例如,意大利锡耶纳著名的坎波广场(Piazza di Campo)便是一处由九面呈缓坡的三角形铺装以斜面下部的广场礼拜堂为中心交汇铺设而成的贝壳状斜面广场,坡度为8.3%左右,具有戏剧性的空间效果^[15]。

(2) 阶梯广场。具有交通空间与广场空间双重性质,通常用于原始地形高差较大,超出了缓坡斜面连接能力的地形。在此地形下,阶梯广场会对原始地形进行分台处理,通过缓陡不同的踏步将不同标高的平台联系起来,这些踏步、台阶与位于不同标高的平台则共同成了广场空间的主体。与垂直梯道不同的是,阶梯广场对人群行为中停驻部分的功能更为注重,景观装饰性也更强,整体坡度相对较缓(介于斜面广场与垂直梯道之间),台阶踏面宽度更宽,有的甚至可作为座椅使用,适用于大型公共、文化建筑前与道路平面有一定高差的外部空间接驳处理。例如,罗马著名的西班牙大台阶(Spanish Steps),通过137步阶梯将分别位于上层平台的圣三一教堂前广场与下层平台的西班牙广场整合为一处梯道与分段广场组合而成的广场综合体,空间收放自如、流动性强并且大台阶不同梯段踏步的高宽比也富于变化,还在较宽处设置了花台分隔带,既使行走人群感到舒适自在,也便于人群驻足和停坐^[16]。

(3) 下沉、上跨广场。常见于山地城市中依附地形建设而形成的外部空间。对于这些空间而言,结合地形下沉或盖板上跨的处理方式可满足城市土地集约化利用的需求,同时也可对相关区域的人车交通、动静流线进行调节和组织。从空间效果来看,下沉广场空间围合感强,隔绝了广场上部纷杂的视线与噪音干扰,可为使用者创造安静的环境气氛;上跨广场则因上跨空间与下部区域的分离,对解决人车混行冲突的复杂交通组织与山地滨江消落地段的水位变化有特殊效果。

综上,步行是城市可持续发展所需依赖的重要交通形式,也是山地城市极具地域特色的交通出行方式。在山地城市交通规划中,步行系统的组织需顺应城市不同地区的微观地形特征与交通需求,选择适宜方式综合布置,塑造立体多维的山地步行系统。

4 特色交通设施对连接瓶颈的组织适应

受地形条件限制,山地城市的车行系统只能对主要区域进行连接,无法延伸至城市的每个角落,也无法对城市中一些极端地貌下的功能空间进行有效联系。在此背景下,山地城市中居民出行与货品、物资运输还应结合城市交通连接瓶颈区域的具体问题灵活选择、设置多元化的交通方式,以辅助和分担车行路网系统无法覆盖的空间,处理好机动车交通与步行交通之间的换乘和接驳问题。在设计中,需结合各类设施的性能特点与适用条件进行针对性的利用和组织。

4.1 典型交通设施及其性能特点

在山地城市中,结合不同地形条件下各目的地间特殊的交通联系需求,可分别采取缆车、索道、电动扶梯、升降电梯、非机动车以及轨道交通等多元化方式对城市公路交通进行补充和完善^[17],这些具有山地特色的交通设施与联系方式分别具有如下特点:

(1) 缆车为机械化时代山地城市中重要的交通辅助运输方式之一,常用于长距离定点人、货物资的运输。相较公路交通而言,缆车交通方式具有十分突出的爬坡性能,即使在接近垂直陡坡的 70% 坡度上缆车仍然可负载正常运行,运行速度 ≤ 13 km/h,这对于解决山地城市中垂直方向的上下客货运输极为有利。通常而言,山地缆车车道的坡度最佳坡值宜设于 20% ~ 40% 之间。此外,缆车运输因坡度的存在,其运载的乘客或货物通常需要在其他交通方式与缆车交通之间进行转换。这样增加了城市交通运输的中转环节,不利于运输的连续性。

(2) 索道为直接在两处交通联系目的点间悬空敷设缆索,在缆索上串接轿箱以联系交通目的点的交通运输方式,其可视作一种无轨道的缆车,是缆车运输的一种极端形式,运行速度 ≤ 36 km/h,运量大小与通过能力弱于缆车,主要取决于索道长度以及其机械设备的动力。

(3) 室外电动扶梯与垂直升降电梯在山地城市中也是极为常见的交通运输设施。相较于缆车与索道交通,两者的运载量较小(尤其垂直升降电梯,

其载重通常不超过 30 人),但通行能力强,运行速度在 0.5 ~ 7 m/s 之间,且适用于具有较大垂直落差的台地或陡坡地形间客、货交通的联系,是一种将建筑内部垂直交通组织室外空间化的城市交通组织方法,利于山地城市不同标高层上室内外空间的连接和转换。

(4) 架空轨道交通是现代山地大城市中较为特色的公共交通运输方式,其运输作用相当于平原城市的地铁系统。由于山地地形的高程起伏,山地城市中轨道交通的铺设只能结合地形变化,因此很难在相对固定的高程范围内铺设地铁。取而代之的便是架空轨道交通系统。与缆车、索道以及扶梯、电梯系统相比,架空轨道交通的运载量更大,运输速度更高,可达到 80 ~ 120 km/h。

4.2 设施适用条件及其利用方式

山地城市中,不同的交通设施在运载能力、运行速度等方面具有差异化的功能特点,其适用的空间目的地点与交通运输需求也大相径庭。因此,在山地城市的特色交通设施规划组织中,还需结合其适用范围综合组织和选择其利用方式。具体而言:

(1) 缆车交通适用于中短距离、单一走向且具有一定坡度的地形,宜布置于与其他交通方式转接换乘便利的地段;通常在运量适中、坡度较陡的山地区段作为组织人群上下山的交通工具,并可通过增加两处上下站点中间的支架延长其传送距离。此外,缆车交通也可作为山地城市的特色交通工具与观光游览设施相互结合。例如,曾作为香港岛金钟花园道与太平山炉峰峡之间交通联系工具的山顶缆车,如今便作为香港城市观光的交通工具使用。

(2) 相比之下,索道交通则适用于中距离、运量小、目标地相对高差较小的地形,以客运交通组织为主,尤其对解决山地城市中江河及深谷两岸间的交通联系极为便利。例如,穿梭于重庆主城长江与嘉陵江两岸的长江索道与嘉陵江索道就是山地城市中运用索道运输方式解决江河两岸交通联系问题的典型实例。

(3) 电动扶梯与垂直升降电梯二种立体交通连接设施常见于山地城市中高差较大的上下台地空间与人群密集区域,也常与一些重要的商业及公共建筑的室内空间相互接驳。例如,香港半山自动扶

梯、重庆菜园坝的皇冠自动扶梯、重庆较场口的垂直升降电梯都是山地城市中组织重要公共空间垂直方向客运交通的典型的垂直升降设施。

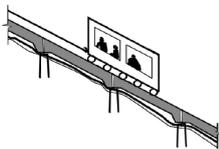
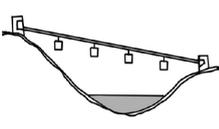
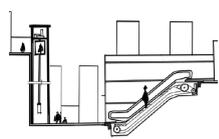
(4) 架空轨道交通对解决山地城市中运量集中地段之间的定点运输极为有利,适用于大运量、长距离的交通运输^[18]。随着现代工程技术与城市经济水平的不断提高,架空轨道交通的运输方式正逐渐在一些大型的山地城市中普及,如重庆都市圈的轻轨交通系统以及伦敦的 DLR (Docklands Light

Railway) 轨道交通线路等。

综上所述,缆车、索道、电动扶梯、垂直升降电梯、架空轨道交通等是山地城市中具有地域特色的交通设施与联系方式。在城市交通组织过程中,应充分结合上述交通设施的运输性能特点、建造维护成本以及山地地形条件等因素灵活布置和组织城市各类交通之间的有效换乘与接驳,最大限度地服务山城居民的出行需求,见表 1。

表 1 山地城市特色交通设施性能特点与利用方式梳理

Table 1 Characteristic and utilization mode of characteristic traffic facilities in mountain cities

交通方式	性能特点	模式简图	典型案例
缆车交通	适用地形	单一走向且有一定坡度(爬山)	 
	适用距离	中短距离	
	运行速度	≤13 km/h	
	交通运量	适中	
	建造维护成本	较低	
索道交通	适用地形	适用于点对点相对高差较小的跨山、跨江地形	 
	适用距离	中短距离	
	运行速度	≤36 km/h	
	交通运量	适中	
	建造维护成本	较低	
电动扶梯与电梯	适用地形	较大落差的垂直或陡坡地形(台地链接)	 
	适用距离	短距离	
	运行速度	0.5 m/7 m/s	
	交通运量	小	
	建造维护成本	低	
架空轨道	适用地形	各种山地地形	 
	适用距离	长距离	
	运行速度	80 ~ 120 km/h	
	交通运量	大	
	建造维护成本	较高	

5 结 语

我国是一个多山的国家,幅员面积 70% 为山地,半数城镇建设、发展于山地环境之中^[19]。伴随城镇化进程由东部平原人口稠密地区向中西部山地、丘陵地区的推进,山地城镇的数量与建设强度将进一步增长。因此,山地城市的空间规划与建筑设计方法在我国未来城镇化过程中具有重要价值。

在山地环境中,如何结合起伏的自然地形合理组织城市交通是城市发展建设须首先回应的问题。山地地形的高低起伏与平原地区城市有着显著差异,其场地设计需更加契合客观地形特征与交通联系机制。为此,引入“适应性”的理论视角,结合适应性理论的耦合、协同与组织思维,从路网系统协同宏观地貌、步行空间耦合微观地形、特色交通组织连接瓶颈三方面分别探索符合山地城市地形特征与营建规律的道路交通系统规划与设

计方法,以完善相关设计理论,指导山地城市建设实践。

参考文献(References):

- [1] 李和平,肖竞. 山地城市“城—山”营建关系的多维度分析[J]. 城市发展研究,2013,21(8):40—46
LI H P, XIAO J. Multi-dimension Analysis on the Relationship between Mountain and City in the Construction of Mountainous Cities[J]. Urban Studies, 2013, 21(8):40—46(in Chinese)
- [2] LAWRENCE J H. The Fitness of the Environment [M]. London: Macmillan, 1913
- [3] 达尔文. 物种起源[M]. 北京:商务印书馆,2009
CHARLES D. On the Origin of the Species [M]. Beijing: The Commercial Press, 2009(in Chinese)
- [4] HERBERT S. The Principles of Biology[M]. Univ Press of the Pac,2002
- [5] 曹珂. 山地城市设计的地域适应性理论与方法[D]. 重庆:重庆大学,2016
CAO K. Regional Adaptative Theory and Methodologies for Mountainous Urban Design [D]. Chongqing: Chongqing University,2016(in Chinese)
- [6] 肖竞,曹珂. 矛盾共轭:历史街区内生平衡的保护思路与方法[J]. 城市发展研究,2017,24(3):38—46
XIAO J, CAO K. Contradictory Conjugating: The Endogenous Balance Route and Methodologies for Historic District Preservation[J]. Urban Studies, 2017,24(3):38—46(in Chinese)
- [7] [德]哈肯著,凌复华译. 大自然构成的奥秘[M]. 上海:上海译文出版社,2013
HAKEN H. LING F H Translation. Erfolgsgeheimnisse Der Natur Synergetik: Die Lehre Vom Zusammenwirken [M]. Shanghai: Shanghai Translation Publishing House, 2013(in Chinese)
- [8] 肖竞,曹珂. 文化景观视角下传统聚落风水格局解析——以四川雅安上里古镇为例[J]. 西部人居环境学刊,2014,29(3):108—113.
XIAO J, CAO K. Analysis of Feng Shui Pattern in Traditional Chinese Settlements Based on the Concept of Cultural Landscape: A Case Study of Ancient Town of Shangli, Ya'an in Sichuan Province [J]. Journal of Human Settlements in West China,2014,29(3):108—113(in Chinese)
- [9] 廖炳英,丘承斌. 山地城市道路交通与城市形态关系浅析[J]. 城市道桥与防洪,2009(5):16—18
LIAO B Y, QIU C B. Elementary Analysis on Relationship of Mountain City Road Traffic with City Pattern [J]. Urban Roads Bridges & Flood Control,2009(5):16—18(in Chinese)
- [10] 肖竞,曹珂. 契合地貌特征的西南山地城镇道路系统规划研究[J]. 规划师,2012,28(6):43—48
XIAO J, CAO K. Conforming To Terrain: Southwestern Mountainous Town Road System Planning [J]. Planner, 2012, 28(6):43—48(in Chinese)
- [11] 谢正鼎. 山地城市道路交通系统规划问题的思考[J]. 重庆建筑大学学报,1998(3):109—112
XIE Z D. Thoughts on the Planning of Road and Transport Systems for Mountainous Cities [J]. Journal of Chongqing Jianzhu University, 1998(3):109—112(in Chinese)
- [12] 黄建中,蔡军,李朝阳.《城市道路交通规划设计规范》的回顾与思考——兼论交通组织在路网规划中的重要性[J]. 城市规划,2017,41(5):49—58
HUANG J Z, CAI J, LI Z Y. Review and Thinking on Code for Transport Planning on Urban Road: Importance of Traffic Organization in Road Network Planning [J]. City Planning Review, 2017, 41(5):49—58(in Chinese)
- [13] 黄光宇,何昕. 山地建筑和步行空间的共生[J]. 重庆建筑大学学报,2006(4):17—19
HUANG G Y, HE X. Paragenesis of Mountainous Area Construction and Walk Space [J]. Journal of Chongqing Jianzhu University,2006(4):17—19(in Chinese)
- [14] 肖竞,李和平,曹珂. 历史城镇“景观—文化”构成关系与作用机制研究[J]. 城市规划,2016,40(12):81—90
XIAO J, LI H P, CAO K. Study on the Constitution Relationship and Interaction Mechanisms between Landscape Media and Cultural Connotations in China's Historic Towns [J]. City Planning Review, 2016, 40(12):81—90(in Chinese)
- [15] 李泽新,王蓉. 山地城市道路交通环境特点及其控制对策[J]. 山地学报,2014,32(1):46—51
LI Z X, WANG R. The Environment's Characteristics and Control's Methods of Transportation in Road for Mountain City [J]. Journal of Mountain Science, 2014, 32(1):46—51(in Chinese)
- [16] 肖竞,曹珂. 历史街区保护研究评述、技术方法与关键问题[J]. 城市规划学刊,2017(3):110—118
XIAO J, CAO K. Review, Key Issues, and Methodology of Historic District Preservation Studies [J]. Urban

- Planning Forum,2017(3):110—118(in Chinese)
- [17] 杨强,杨波. 山地城市中心区城市道路改善对策研究——以重庆市渝中区为例[J]. 重庆建筑,2019,18(5):15—18
YANG Q, YANG B. Study on Improvement Measures of Urban Roads in the Central Area of Mountainous Cities [J]. Chongqing Architecture, 2019, 18(5):15—18(in Chinese)
- [18] 安沛君,胡应平. PRT 交通模式在山地的应用[J]. 山地学报,2012(4):388—392
AN P J, HU Y P. The Application of PRT in Mountainous Area [J]. Journal of Mountain Science, 2012(4):388—392(in Chinese)
- [19] 雷诚,赵万民. 山地城市步行系统规划设计理论与实践——以重庆市主城区为例[J]. 城市规划学刊,2008(3):71—77
LEI C, ZHAO W M. A Research on Pedestrian System Planning in Mountainous City: A Case Study on the Main City Area of Chongqing [J]. Urban Planning Forum,2008(3):71—77(in Chinese)

Road System & Traffic Planning Methodologies for Mountainous Cities Based On Adaptive Thinking

CAO Ke¹, LI He-ping², LI Bin¹, XIAO Jing²

(1. School of Tourism and Land Resources, Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067, China; 2. School of Architecture and Urban planning, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract: In view of the mountainous city's road traffic planning needing to adapt more to the mountainous environment's topographic and geomorphological characteristics, traffic demand and traffic organization, this paper, which integrates the thinking mode of adaptability theory, takes the research of road traffic planning of mountainous city as the core content and puts forward the design method of mountainous city planning. Combining the coupling, collaboration and organizational thinking of adaptability theory, this method explores the planning method of road traffic system in accordance with the topographic characteristics and construction laws of mountainous cities from three aspects: road network system collaboration macro-topography, pedestrian space coupling micro-topography, and characteristic traffic organization connection bottleneck. Relevant cases prove that the road network planning guided by this planning method is helpful to form the urban morphological characteristics and spatial environment with mountain characteristics. This method is in line with the topographic characteristics of mountainous cities and road traffic demand planning method. It can improve the relevant design theory and guide the construction practice of mountainous cities.

Key words: mountainous cities; suitability; traffic planning; road net structure; pedestrian network; coupling & coordination

责任编辑:田 静

引用本文/Cite this paper:

曹珂,李和平,李斌,肖竞. 基于适应性思维的山地城市道路交通规划方法研究[J]. 重庆工商大学学报(自然科学版), 2020,37(1):112—121

CAO K, LI H P, LI B, XIAO J. Road System & Traffic Planning Methodologies for Mountainous Cities Based On Adaptive Thinking [J]. Journal of Chongqing Technology and Business University (Natural Science Edition), 2020,37(1):112—121