

城市绕城高速服务区 TOD 开发交通可达性研究 ——以曲江服务区为例

曹 振, 张海博, 耿 娟, 田 准, 孙玉辉, 冯佳豪

(西安建筑科技大学 土木工程学院, 陕西 西安 710055)

摘要: 目前, 国内外对 TOD 模式的研究与应用主要集中在轨道交通方面, 而在城市绕城高速服务区同样存在集约用地、综合开发的需求。同时, 服务区 TOD 开发将导致区域交通生成量与吸引力发生改变, 区域道路网系统和公共交通系统将会受其影响。为研究城市绕城高速服务区 TOD 开发对区域交通可达性的影响, 本文以西安绕城高速曲江服务区为例, 应用 ArcGIS 软件对曲江服务区 TOD 开发前后区域交通可达性进行分析与评价。结果表明: (1) 曲江服务区周边区域现状交通可达性良好, 服务水平较高; (2) 通过科学、合理地规划曲江服务区与周边城市道路网系统及公共交通系统的交通衔接, 曲江服务区 TOD 开发周边区域交通可达性有所提高。由此可得, 城市绕城高速服务区 TOD 开发不仅可以节约集约用地, 还可以提高区域交通可达性, 优化城市布局。

关键词: 城市绕城高速服务区; TOD 开发; 交通可达性; 曲江服务区

中图分类号: TU984.11⁺3; U491.8

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2023)06-0827-07

Research on traffic accessibility of transit-oriented development of urban high-speed beltway service area: Take Qujiang service area as an example

CAO Zhen, ZHANG Haibo, GENG Juan, TIAN Zhun, SUN Yuhui, FENG Jiahao

(School of Civil Engineering, Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Xi'an 710055, China)

Abstract: At present, the study and application of the transit-oriented development (TOD) pattern at home and abroad mainly focus on rail transit. However, there is also a need for intensive land use and comprehensive development in the urban high-speed beltway service area (UHSBSA). At the same time, the TOD in the service area may lead to alteration in the regional traffic generation and attraction and consequently have impact on the regional road network and public transportation system. For the purpose of investigating the influence of TOD on the regional traffic accessibility of UHSBSA, this paper takes Qujiang service area as an example. ArcGIS is applied to analyze and evaluate the regional traffic accessibility before and after the development of Qujiang service area. The results show that: (1) the current traffic accessibility of the perimeter zone of Qujiang service area is good, with relatively high level of service; (2) after scientifically and reasonably planning of the traffic connection between Qujiang service area and surrounding road network and public transportation system, traffic accessibility of the region around TOD zone of Qujiang service area has been improved. It can be concluded that TOD and design of UHSBA can not only save and promote intensive land use, but also improve the accessibility of regional traffic and optimize the urban layout.

Key words: urban high-speed beltway service area; TOD; traffic accessibility; Qujiang service area

TOD(transit-oriented development)指以公共交通为导向的城市发展模式, 由美国学者 Peter Calthorpe 在 1992 年提出。TOD 模式的核心是在

公共交通轨道及步行范围内进行高密度、高效率开发, 以便提高公共交通使用、控制城市蔓延、增加可居住地、保证可持续增长^[1]。

收稿日期: 2022-04-11

修回日期: 2023-11-30

基金项目: 陕西省自然科学基金项目社会发展领域(2020-SF159)

第一作者: 曹 振(1978—), 男, 博士, 教授, 主要研究方向为轨道交通工程、地下工程与隧道工程、岩土工程。E-mail: 653102531@qq.com

通信作者: 张海博(1998—), 男, 硕士生, 主要研究方向为城市 TOD 综合开发。E-mail: 2509312107@qq.com

目前,国内外对 TOD 模式的研究与应用主要集中在轨道交通方面,如地铁站点、地铁车辆段和铁路枢纽等。而在城市绕城高速服务区同样存在集约用地、综合开发的需求。随着城市快速扩张,城市绕城高速服务区周边区域开发程度不断提高,服务区地理优势、经济价值和开发潜力增大。但是大多数绕城高速服务区存在土地利用率低、服务质量不高等情况。因此,可考虑以 TOD 开发理念对绕城高速服务区进行综合开发,不仅符合现今国家政策,也有利于城市土地资源集约化利用,提高土地资源综合利用率。

同时,城市绕城高速服务区进行综合开发将使原本封闭的、仅服务于绕城高速的服务区转变为服务于绕城高速及周边区域的新型开放式服务区。新型开放式服务区将成为区域新的交通发生与吸引点,区域道路网系统、公共交通基础设施等会随之发生变化。因此,本文将以西安绕城高速曲江服务区为例,研究城市绕城高速服务区 TOD 开发对区域道路网系统和公共交通系统的影响。

1 曲江服务区及区域交通概况

1.1 曲江服务区概况

曲江服务区是西安绕城高速两个服务区之一,位于西安市曲江新区长安立交与曲江立交之间,整体为双侧式布局,其中南区占地面积约 5.18 hm^2 ,北区占地面积约 4.93 hm^2 ,总占地面积约 10.73 hm^2 。南、北两区服务设施及功能分区相同且齐全。



图1 曲江服务区现状图

Fig. 1 Current situation of Qujiang service area

1.2 区域现状交通可达性分析

交通可达性指出行者利用交通系统从起始点到达目的地点的便捷程度。交通可达性可用于评价土地利用、城市结构以及区域布局、各种工程项目建设选址等问题^[2]。其中细分的公交可达性则

是城市或区域公共系统的重要评价指标,能反映城市公交现状,是公交线网以及区域土地利用规划的重要依据^[3]。因此,可以通过深入研究绕城高速服务区进行 TOD 开发前后区域交通可达性的变化来评价服务区 TOD 开发对区域交通的影响。

目前,交通可达性常见的计算方法有空间阻隔法^[4]、累计机会法^[5]、空间相互作用法^[6]和效用模型^[7]等。近年来随着 GIS 分析技术在可达性研究中的应用与普及,越来越多的学者开始使用网络分析法^[8]和成本加权栅格法^[9]进行交通可达性的计算。通过总结常见 6 种交通可达性计算方法的优缺点和适用范围,并综合考虑绕城高速服务区的交通特点、研究区域范围大小、区域路网布局特点和公共交通系统种类等因素,最终决定采用 GIS 与网络分析法相结合的方法进行本文的交通可达性计算。该方法具有数据获取和分析计算过程容易、简捷,利用交通线路和节点空间坐标模拟真实的交通路网,模型易理解、数据计算误差小等优点,十分契合进行城市绕城高速服务区 TOD 开发对区域路网及公共交通可达性的影响研究分析,并且可以指导服务区与城市路网、公共交通系统衔接、优化改善等问题。

GIS 与网络分析法相结合的方法具体是应用 ArcGIS 软件,采用网络分析法中基于最小阻抗原理进行交通可达性的研究分析,从交通可达性层面分析曲江服务区 TOD 开发的利弊。交通阻抗是评价道路网系统的一项综合指标,其值取决于多种因素,如出行时间、出行安全、出行费用、舒适程度、便捷程度和准时性等。想要建立一个科学严密、解释性强的交通阻抗模型是十分困难的。经过众多学者的理论计算与工程分析,得出影响交通阻抗最主要的因素是出行时间。因此,出行时间经常被作为计算交通阻抗的主要标准^[10]。本次研究主要通过出行时间来表达阻抗。ArcGIS 软件实现交通可达性的流程可简单分为 3 部分,分别为数据获取与预处理、构建公共交通网络模型、计算交通可达性。

(1) 数据获取与预处理

区域道路网、公交线网与公交站点数据获取方式有很多种,本研究是通过 Open Street Map 网站(<https://www.openhistoricalmap.org>)获取区域道路网数据,可获得的信息有道路网空间位置信息、道路等级、名称、最大速度、是否为单向道路等。利用高德地图开放平台 API 接口与 Python 网络数据爬取相结合的方式来获取区域公交

线网与公交站点数据,可获取的信息有公交线网与停靠站点空间位置信息、线路与站点名称、首末站及途经站名称、运营时间、发车间隔等。随后将数据进行处理并导入 ArcGIS 软件构建交通网络数据库。

(2)构建交通网络模型

对路段、公交线路和停靠站点的名称、首末站及途经站、运营时间、发车间隔、运行速度等信息进行校准与补充。随后进行网络拓扑、添加字段构建交通网络模型。其详细步骤依次为:①建立交通网络数据库;②建立要素数据集;③投影;④道路基础属性编辑与检查;⑤拓扑检查;⑥设置道路属性,新建行车时间字段;⑦完成新建网络模型。

(3)计算交通可达性

计算交通可达性的详细步骤依次为:①新建 OD 成本矩阵;②计算可达性;③可达性数据可视化。其中,将所有路口的交点设置为出行起始点和目的地点,路网交通可达性就是区域各起始点到达任意目的地点的便捷程度;将所有公交停靠站点设置为出行起始点和目的地点,公共交通可达性就是区域各起始点到达任意目的地点的便捷程度。

图 2 为研究区域内路网可达性空间格局图,图中数值大小表示出行者驾车从任意起始点到达指定目的地点的平均出行时间,单位为分钟。颜色按数值大小分为 9 个等级,由白色到绿色表示平均出行时间减少,区域路网交通可达性提高。从表 1 中可以看出,在驾车出行情况下,研究区域内整体道路交通可达性良好,驾车平均出行时间在 0~5 min 覆盖面积占研究区域约 20.14%,出行时间在 10 min 覆盖面积占研究区域约 61.41%,15 min 覆盖面积占 74.33%,20 min 覆盖面积达到 88.61%。

结合图 2、表 1 可以看出曲江服务区及其周边区域的路网交通可达性相对较低,这是由于现状曲江服务区为封闭式设计,仅服务于绕城高速,与周边路网并无联系,并且在进行城市道路网和公共交通基础设施规划时并未考虑曲江服务区这一交通生成与吸引点。因此导致了现状曲江服务区及其周边区域路网交通可达性相对偏低。从图中也可以看出,南三环北侧的交通可达性要明显高于南三环南侧的交通可达性,造成该情况的原因主要有两点:一是南三环北侧更接近于城市中心区域,且分布有小寨、大雁塔、大唐芙蓉园等多个大型商圈和国家级旅游景区,其路网无论是

布局合理性还是疏密程度都要优于南三环南侧;二是南三环与西安绕城高速公路都属于城市快速路,与区域路网衔接的出入口少,在一定程度上阻碍了南三环两侧路网的连通性,导致了整体路网的交通可达性降低,而南三环南侧更偏向城市外围,所受影响更大。也可以证明城市环线与城市快速路具有分隔路网布局,割裂城市等不利影响。

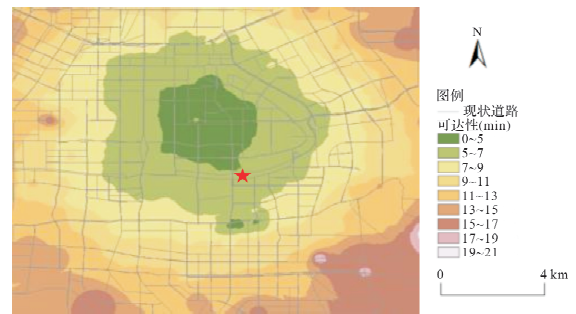


图 2 现状路网可达性空间格局图

Fig. 2 Spatial pattern of accessibility of current road network

表 1 现状路网可达性面积比

Tab. 1 Accessibility area ratio of current road network

出行时间/min	可达面积/km ²	可达面积比/%
5	34.71	20.14
10	105.84	61.41
15	128.11	74.33
20	152.72	88.61

图 3 为研究区域内现状公共交通可达性空间格局图,由于城市公共交通系统与城市路网之间有着千丝万缕的联系,因此,二者在交通可达性分布上有着一定的相似性。如图 3、表 2 所示,在公共交通出行模式下,研究区域内整体的公共交通可达性良好,公交出行时间在 20 min 内覆盖面积占研究区域面积约 39.60%;公交出行时间在 30 min 内覆盖面积占研究区域面积约 73.66%;公交出行时间在 40 min 内覆盖面积占研究区域面积约 92.36%。

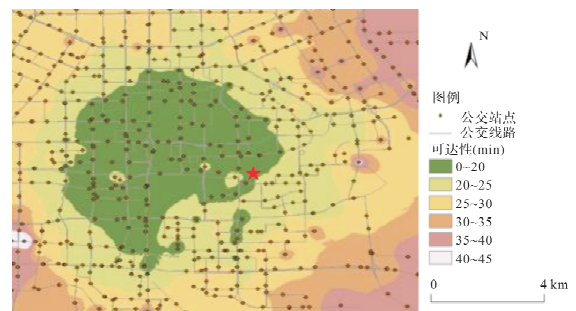


图 3 现状公共交通可达性空间格局图

Fig. 3 Current public transport accessibility spatial pattern

表2 现状公共交通可达性面积比

Tab. 2 Current public transport accessibility area ratio

出行时间/min	可达面积/km ²	可达面积比/%
20	68.25	39.60
30	126.95	73.66
40	159.18	92.36

曲江服务区及其周边区域公共交通可达性相对较低,这是由于区域内路网与公交线路、站点规划不足引起的。曲江服务区周边500 m范围内途经的公交线路仅有两条,公交停靠站仅有4个,导致了区域公共交通可达性偏低。因此,若要进行曲江服务区综合开发,就必须对区域的道路网系统与公共交通基础设施进行优化调整。

从图3中也可看出,曲江服务区北侧更接近城市中心地带,同时存在大雁塔、大唐芙蓉园等国家级旅游景区,公共交通可达性相对较高,其景点区域的公交线网、轨道交通和慢行交通相对于其他地区也更为便利。服务区南侧由于曲江新区的规划、地铁4号线的运行,未来开发强度将会越来越高,区域道路网系统和公共交通基础设施也将得到进一步的优化与完善。同时,由于东西向绕城高速和南三环“割裂”城市的原因,导致研究区域内无论是路网还是公交线网南北侧交通连接

都稍显不足。

1.3 区域公共交通服务水平分析

城市地面公交线路网密度和地铁线路网密度是评价城市公共交通基础设施建设水平的重要指标。近年来,西安市通过积极、科学、合理规划和调整公交线路,截止2020年末,西安累计开通常规公交线路379条,主城区公交站点500 m覆盖率100%,公交机动化出行分担率达到61.69%。根据《2021年度中国城市交通报告》^[11],西安市区地面公交线网密度为4.726 km/km²,地铁线网密度为0.664 km/km²。

经调查,区域内高速公路2条、城市主干道5条、次干道18条,途经地铁3条,共9个站点,其中曲江服务区紧邻西安地铁4号线金滹沱站,公交线路68条,共计47个站点,其中曲江服务区周边1 km范围内有10个公交站点,途经公交线路14条。

目前国内对公共交通服务水平的分析主要是通过建立公共交通服务水平指标体系,进行综合评判。本文参考徐以群,陈茜和张静静^[12],李倩^[13]对城市公共交通服务水平的研究,进行曲江服务区周边区域公共交通服务水平分析。具体指标选取如表3所示。

表3 城市公共交通服务水平指标等级

Tab. 3 Index grades of urban public transport service level

服务水平等级	班次间平均时间间隔/min	营运时间/h	高峰满载率/%	公交线网密度/km·km ⁻²	站点覆盖率/%	最大公交出行时耗/min
一	≤5	24	≤60	≥3	≥65	≤30
二	(5, 15]	[15, 24)	(60, 70]	[2.8, 3.0)	[55, 65)	(30, 40]
三	(15, 35]	[10, 15)	(70, 80]	[2.5, 2.8)	[45, 55)	(40, 50]
四	(35, 60]	[5, 10)	(80, 90]	[2.0, 2.5)	[35, 45)	(50, 60]
五	>60	<5	>90	<2	<35	>60

对调查范围内68条公交线路进行相关指标数据整理和计算,最后整理所得结果如表4所示。

表4 区域内68条公交线路运营信息统计表

Tab. 4 Statistical table of operation information of 68 bus lines in the region

线路名称	班次间平均时间间隔/min	营运时间/h	高峰满载率/%	最大公交出行时耗
143路	13	14	52.12	25
189路	8	15.5	60.70	35
192路	4	17	72.55	35
167路	4	15.5	67.82	25
...
均值	9.41	15.38	67.14	36.24

在上述6项公共交通服务水平指标中,公交站

点覆盖率、公交线网密度均达到一级,班次间平均时间间隔、营运时间、高峰满载率、最大公交出行时耗均为二级,由此可得出研究区域内公共交通服务水平等级为二级。曲江服务区周边路网布局合理,公交线路和站点密集,轨道交通完备,交通换乘便利,公共交通整体服务水平较高。区域内良好的交通可达性和较高的公共交通服务水平有利于曲江服务区进行TOD综合开发。

2 曲江服务区TOD综合开发设计

2.1 开发模式

通过对曲江服务区所在地地形条件、区位条件、周边产业分布以及政策、规划等方面的深

入分析,考虑曲江服务区综合开发的结构形式为上盖开发与落地开发相结合,物业开发选择“商业+医疗+居住”的混合模式。采用 TOD 开发理念,打造“交通+商业+医疗+居住”的“四位一体”的综合产业服务综合体。

在开发模式上,采用立体布局,将曲江服务区的交通服务功能区建在用地地下层空间,将商场、住宅、医院等物业建在用地地上层空间,通过独立通道或者连廊进行连接,从而充分利用整体空间。同时,综合开发的物业部分位于交通设施上方,交通可达性及物业开发效益得到较高层次的统一。

具体开发方式为,盖下建设为交通功能+休闲商业,继续完善服务区功能,为过往车辆提供停车、维修、降温、加油等服务。盖上建设为医疗+中低层住宅+酒店+商务办公。结合服务区交通优势和急救医疗速度需求,建设“交通应急救援医院”,打造省级高速医疗应急救援中心。

2.2 开发布局

曲江服务区与南侧存量土地联合开发,南侧存量土地是陕西交通控股集团有限公司因某工程项目施工完成后遗留下的空地,目前暂未开发。同时,存量土地与曲江服务区南区之间有 5 m 左右的高差,与曲江服务区北区之间有 10 m 左右的高程差。因此,可充分利用这一地形优势,对曲江服务区和南侧存量土地统一加盖,二者连接形成一个新的用地平台。

曲江服务区综合开发将会为区域带来大量的人流量、车流量和货流量。因此,必须着重考虑

其交通的可达性和人员疏散的合理性,需对区域道路网系统和公共交通基础设施进行优化与调整。规划思路是将现有市政三环道路及绕城高速调整为下穿形式,将公田三路北端向下调整,使其与南三环连接,保证原有交通线路不受干扰;同时,南侧南三环在盖体西侧增设通往盖体的匝道,在盖体东侧增设离开盖体的匝道,北侧南三环同样增设进出盖体的匝道。

在公共交通基础设施方面,建议在服务区上盖区域的西侧与南侧南三环衔接处、南侧与公田二路衔接处、东侧与北侧南三环衔接处增设公交停靠站。同时,在东西方向的电视台公交场站与雁翔路公交调度站、曲江池南路新开门南路场站之间新增公交线路,线路将途经曲江服务区西侧与南侧新增公交停靠站点;在南北方向的皇子坡公交调度站、金滹沱场站与大雁塔北广场场站之间新增公交线路,线路将途经东侧新增公交停靠站点。此外,再进一步完善区域慢行交通设施和停车设施等。

同时,小寨、曲江、大雁塔、大唐芙蓉园、金辉环球中心及曲江服务区均位于西安地铁 2、4 号线之间,北侧的小寨站和大雁塔站又分属于西安地铁 2、3 号线和 3、4 号线换乘站。因此,可通过商圈和旅游景区的联动效应,增设商业文旅专线,将商圈和旅游景点串联起来,进一步提升区域影响力。曲江服务区综合开发交通规划示意图 4 所示。

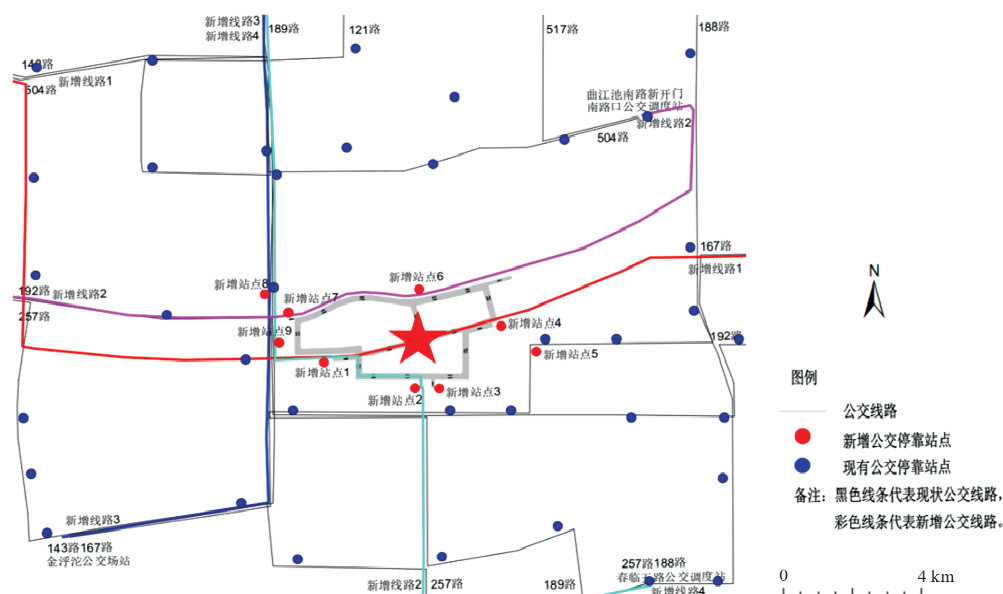


图 4 曲江服务区综合开发区域交通规划示意图

Fig. 4 Traffic planning diagram of comprehensive development area of qujiang service area

3 综合开发交通可达性分析

3.1 规划路网可达性分析

使用 ArcGIS 软件对曲江服务区综合开发规划路网进行交通可达性分析,规划路网可达性空间格局如图 5 所示。

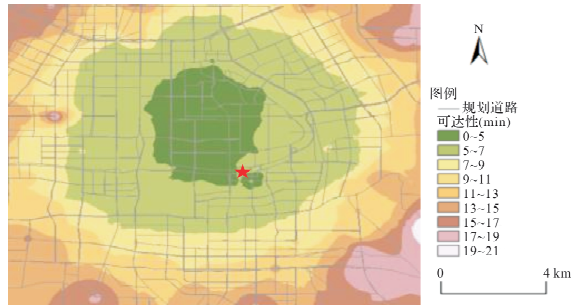


图 5 规划路网可达性空间格局图

Fig. 5 Spatial pattern of accessibility of planned road network

表 5 规划路网可达性面积比

Tab. 5 Accessibility area ratio of planned road network

出行时间/min	可达面积/km ²	可达面积比/%
5	46.10	26.75
10	118.96	69.02
15	138.02	80.08
20	160.91	93.36

与现状路网可达性空间格局图相比较,规划路网可达性有着明显提高。比较表 1 和表 5,研究区域内 5 min 内可达覆盖面积已由原先的 20.14% 扩大到现在的 26.75%, 10 min 覆盖面积由原先的 61.41% 扩大至 69.02%, 15 min 覆盖面积由原先的 74.33% 扩大至 80.08%。曲江服务区南侧与西侧交通可达性均有显著提高。

路网可达性有着明显提高的原因是曲江服务区的上盖开发使得南三环南北两侧新增了一条连接通道,而该条通道在该区域却有着十分重要的作用。曲江服务区东西两侧 5 km 范围内(长安立交与曲江立交之间,不包括两座立交)连接南三环南北两侧道路的通道仅有 3 个,而一般情况下,城市路网中每隔 1 km 应设置城市主干道,因此该区域路网的南北向交通连接是不足的。并且其中的 3 个连接通道中,翠华路与南侧南三环为 T 型交叉口、雁塔南路与南三环为十字交叉口、芙蓉西路(公田一路)与南侧南三环为立体交叉。而 T 型交叉口与立体交叉口在路网中的连通性较差。因此导致了在现状路网交通可达性格局图中南三环南北两侧交通可达性差异性分布。如将曲江服务区规划上盖开发,新增的连接通道将会缓解南三环

南北两侧路网可达性较低的情况。也说明了曲江服务区上盖开发在一定程度上改善了路网,优化了路网布局,减少了城市“割裂感”。

3.2 规划公共交通可达性分析

在公共交通出行模式下,研究区域内规划公共交通可达性空间格局如图 6 所示,相比较与现状公共交通可达性空间格局图,规划公共交通可达性有着明显提高。结合表 2、表 6 可以看出,公交平均出行时间在 20 min 内可达覆盖面积由原先的 39.60% 扩大到了 44.88%, 30 min 内可达覆盖面积由原先的 73.66% 扩大到了 79.03%, 40 分钟内可达覆盖面积由原先的 92.36% 扩大到了 98.14%。

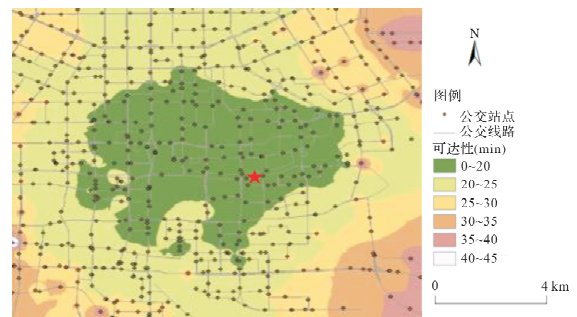


图 6 规划公共交通可达性空间格局图

Fig. 6 Spatial pattern of planned public transport accessibility

表 6 规划公共交通可达性面积比

Tab. 6 Planned public transport accessibility area ratio

出行时间/min	可达面积/km ²	可达面积比/%
20	77.35	44.88
30	136.21	79.03
40	169.14	98.14

曲江服务区及其周边区域的公共交通可达性相比于现状提升则更为明显。现状曲江服务区及其周边区域的公共交通可达性如图 3 所示,表现为西北侧较高,东南侧稍低,出行可达性分布不均匀。而规划后的曲江服务区及其周边区域的公共交通可达性空间格局如图 6 所示,曲江服务区及其周边区域全部位于 20 min 公交出行覆盖范围内,其东南侧和东侧区域由原先的 30 min 公交出行覆盖区域调整成为 20 min 公交出行覆盖区域,出行可达性明显改善。这是因为在该区域各新增了两条东西走向和南北走向的公交线路,同时在线路上新增了 7 个公交停靠站点,新增的公交线路与站点不仅改善了该区域公交线路与站点不足的情况,还解决了由曲江服务区上盖开发带来的大量乘客出行交通量客流集散运输问题。

通过对比研究分析曲江服务区现状与 TOD 开发规划后的交通可达性,可以发现经优化调整,曲江

服务区与周边路网、公共交通基础设施的交通衔接,区域路网和公交线网布局更为科学合理,路网通行能力提高,公共交通可达性得到了显著提升。

将研究区域的现状交通可达性面积比和规划交通可达性面积比进行合并整理,得到表 7,进一步绘制出图 7。

表 7 现状与规划可达性面积比(%)

Tab. 7 Area ratio of current and planned accessibility/%

交通可达性类型	出行时间/min					
	5	10	15	20	30	40
现状路网	20.14	61.41	74.33	88.61		
现状公共交通				39.60	73.66	92.36
规划路网	26.75	69.02	80.08	93.36		
规划公共交通				44.88	79.03	98.14

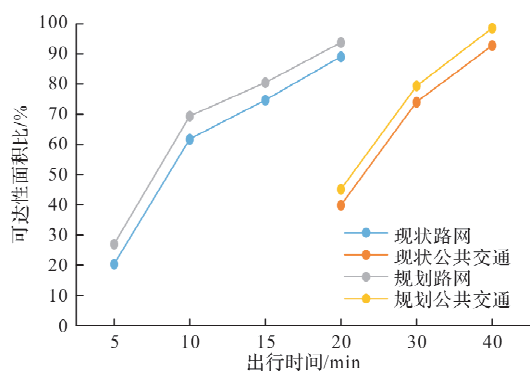


图 7 现状与规划可达性面积比(%)

Fig. 7 Area ratio of current and planned accessibility/%

结合表 7 和图 7 可以看出,曲江服务区 TOD 开发设计前后研究区域的交通可达性在路网可达性 5 min、10 min 和 15 min 分钟可达性面积覆盖率均有 5% 左右的提升,公共交通可达性 20 min、30 min 和 40 min 可达性面积覆盖率也均有 5% 左右的提升。表明曲江服务区 TOD 开发设计前后研究区域的交通可达性有着明显的提高,曲江服务区的上盖开发有利于提高区域交通可达性、改善路网及公交线网布局,论证了曲江服务区的 TOD 开发是有利于区域交通可达性的提高,优化了城市布局。

4 结论

通过对西安绕城高速曲江服务区 TOD 开发前后区域路网和公共交通可达性进行分析,得出以下两点结论:

(1)西安绕城高速曲江服务区周边区域现状交通可达性良好,公共交通服务水平等级为二级。因此,曲江服务区具备进行 TOD 综合开发的优良交通条件;

(2)西安绕城高速曲江服务区进行 TOD 综合开发会带来大量的人、车、货交通量,但是,通过科学、合理的规划开发区域与周边区域的交通衔接,优化调整区域公共交通基础设施,区域交通状况非但没有变差,区域路网交通可达性和公共交通状况反而有所提高。由此可见,城市绕城高速服务区开放式综合开发不仅可以节约集约用地,还可以起到提高区域路网交通可达性,优化城市布局的作用。

参考文献 References

- [1] 廖勇刚,郭凯,王晟,等. TOD 模式城市道路交通节点空间开发及综合设计技术[J]. 公路, 2021, 66(6): 298-301.
LIAO Yonggang, GUO Kai, WANG Sheng, et al. TOD mode urban road traffic node space development and comprehensive design technology [J]. Highway, 2021, 66(6): 298-301.
- [2] 左盼盼. 城市公共交通可达性优化模型及评价研究[D]. 兰州:兰州交通大学, 2014.
ZUO Panpan. Research on optimization model and evaluation of urban public transport accessibility [D]. Lanzhou: Lanzhou Jiaotong University, 2014.
- [3] 谢国微,钱林波,庞煜. 基于 GIS 和开放数据的公交可达性测度研究[J]. 物流科技, 2021, 44(12): 102-106.
XIE Guowei, QIAN Linbo, PANG Yu. Research on public transport accessibility measurement based on GIS and open data [J]. Logistics Technology, 2021, 44(12): 102-106.
- [4] 王元,郑贵省,王鹏. 基于空间阻隔和空间句法的城市路网可达性分析及比较[J]. 军事交通学院学报, 2015, 17(2): 90-94.
WANG Yuan, ZHENG Guisheng, WANG Peng. Spatial accessibility and syntactic analysis based on urban road network [J]. Journal of Military Communications College, 2015, 17(2): 90-94.
- [5] 张生瑞,王超深,徐景翠. 基于时间阻抗函数的路网可达性研究[J]. 地理科学进展, 2008, 27(4): 117-121.
ZHANG Shengrui, WANG Chaoshen, XU Jingcui. Research on road network accessibility based on time impedance function [J]. Advances in Geographical Sciences, 2008, 27(4): 117-121.
- [6] 董春,张玉,刘纪平,等. 基于交通系统可达性的城市空间相互作用模型重构方法研究[J]. 世界地理研究, 2013(2): 34-42.
DONG Chun, ZHANG Yu, LIU Jiping, et al. Research on reconstruction method of urban spatial interaction model based on accessibility of transportation system [J]. World Geographic Research, 2013(2): 34-42.

(下转第 839 页)