

道路立交改造为城市轨道交通枢纽的规划研究 ——以深圳罗湖雅园枢纽为例

崔晓天

(深圳市城市交通规划设计研究中心股份有限公司, 广东 深圳 518034)

摘要: 伴随城市更新及轨道交通建设的不断推进, 老城区城市道路立体交叉系统(以下简称“立交”)面临改造为轨道交通枢纽的新契机。在总结城市轨道交通枢纽一般性规划技术方法的基础上, 提出城市道路立交改造为城市轨道交通枢纽的主要规划内容。以深圳罗湖雅园枢纽为例, 阐述一体化城市轨道交通枢纽详细规划的技术方法和主要内容。案例采用交通大数据精准分析城市道路立交交通特征, 利用交通模型预测城市轨道交通枢纽未来交通需求, 进而提出合理的道路立交改造方案, 以及枢纽布局、用地规划及枢纽核心区城市设计等一体化的枢纽规划方案。

关键词: 交通规划; 城市轨道交通枢纽; 城市道路立交; 站城一体; 一体化枢纽详细规划

Planning Study of Transforming Road Interchanges to Urban Rail Transit Hubs: a Case Study of Shenzhen Luohu Yayuan Hub

CUI Xiaotian

(Shenzhen Urban Transport Planning Center Co. Ltd., Shenzhen Guangdong 518034, China)

Abstract: With the ongoing urban renewal and development of rail transit construction, the existing urban road grade-separated junction system (referred to as “interchanges”) in old urban areas is presented with a new opportunity for transformation into rail transit hubs. This paper summarizes the general planning techniques for urban rail transit hubs and proposes the key planning aspects for transforming urban road interchanges into urban rail transit hubs. Taking the Luohu Yayuan Hub in Shenzhen as an example, the paper discusses the techniques and main components of detailed planning for an integrated urban rail transit hub. The case study focuses on a precise analysis of traffic characteristics associated with urban road interchanges using comprehensive traffic data and predicts future traffic demands for the urban rail transit hub using transportation models. This analysis supports the development of reasonable transformation plan for road interchanges and the integrated hub planning schemes, including hub layout, land use planning, and urban design of core hub areas.

Keywords: transportation planning; urban rail transit hubs; urban road interchanges; station-city integration; detailed planning of integrated hubs

收稿日期: 2022-07-01

作者简介: 崔晓天(1978—), 男, 山东临沂人, 博士, 高级工程师, 轨道城规一院副院长, 主要研究方向: 城市交通规划、轨道交通枢纽。E-mail: cuixt@sutpc.com

大型复杂城市道路立体交叉系统(以下简称“立交”)对城市道路网衔接转换发挥着重要作用, 是道路交通时代基础设施建设的典型代表。随着存量时代城市更新、轨道交通建设的推进, 老城区复杂道路立交的改造成为当前城市建设的热点。2019年深圳黄木岗立交开始拆除并新建黄木岗交通枢纽, 2020年深圳启动《罗湖雅园枢纽详细规划研究》, 这些都旨在将服务于机动车的道路立交改造为服务于人行交通的城市轨道交通枢纽, 从而激发周边片区城市发展活力, 打

造站城一体的交通枢纽, 推动城市空间统筹利用领域深化改革。基于此, 在大城市老城区空间资源紧约束条件下, 如何提出科学合理的一体化城市轨道交通枢纽详细规划方案是近年来业界研究的重点技术问题。

1 发展背景分析

1.1 大城市老城区发展面临资源与环境双重制约

中国大城市经过二三十年的高速发展,

部分老城区面临城市功能欠缺、土地资源利用低效，产业发展落后、公共配套设施缺乏、高峰时段交通拥堵等困境，亟须进行产业转型升级和城市更新改造^[1]。尤其是随着大运量轨道交通时代的来临，交通结构不断优化，原先以满足小汽车交通为主的道路网络体系难以适应未来城市发展需求。以深圳市雅园立交为例，其位于罗湖中心区的边缘，周边片区以居住功能为主(见图1)，公共医疗、教育资源丰富，人流量与车流量较大。受城市道路立交的影响，该片区被分割成4个象限，城市功能缺乏有机联系和融合(见图2)；与轨道交通接驳的公共汽车、非机动车交通系统薄弱，未形成一体化综合交通体系，交通系统整体运行效率较低，亟须对其进行整合提升。

1.2 轨道交通规划建设带来改建新契机

随着大城市轨道交通网络的不断完善，中心城区规划形成多个轨道交通枢纽，部分轨道交通枢纽恰好位于大型复杂城市道路立交处。因此，以轨道交通建设为契机践行“建枢纽就是建城市”的理念，通过将道路立交改造为城市轨道交通枢纽整合周边城市空间及各类资源，打造站城一体化的轨道交通枢纽，带动老城更新，激发城市活力。以罗湖雅园枢纽为例，根据《深圳市轨道交通线网规划(2016—2035)》，轨道交通3号线(已运营)、24号线和25号线将在雅园立交附近交汇形成新的城市轨道交通枢纽(见图3)，有必要对该枢纽进行详细规划研究，提出枢纽总体布局和道路立交改造方案、周边用地开发及城市设计(含地下空间)等综合规划方案，并进行工程投资估算和开发经济测算，确保枢纽规划方案可落地和可实施。

2 规划技术方法及主要内容

2.1 城市轨道交通枢纽规划技术方法

城市轨道交通枢纽规划主要内容包括功能定位分析、客流需求预测、总体规划布局、交通接驳规划、片区城市设计、概念方案设计等。为统筹轨道交通枢纽与城市功能融合发展，一般采用交通规划与城市设计相结合的方法开展。总体上，城市轨道交通枢纽规划技术流程分为5个阶段(见图4)。

1) 前期研究。主要针对枢纽片区开展现状调查和资料搜集整理，分析存在问题并

梳理相关规划条件，在此基础上提出枢纽承担的城市功能及交通功能。结合枢纽周边城市空间结构及未来交通发展策略进行规划总体构思，明确规划目标及策略。

2) 总体空间关系。根据通过枢纽的轨道交通线路的线位、竖向标高以及周边道路交通设施、相关开发地块的区位，对枢纽总

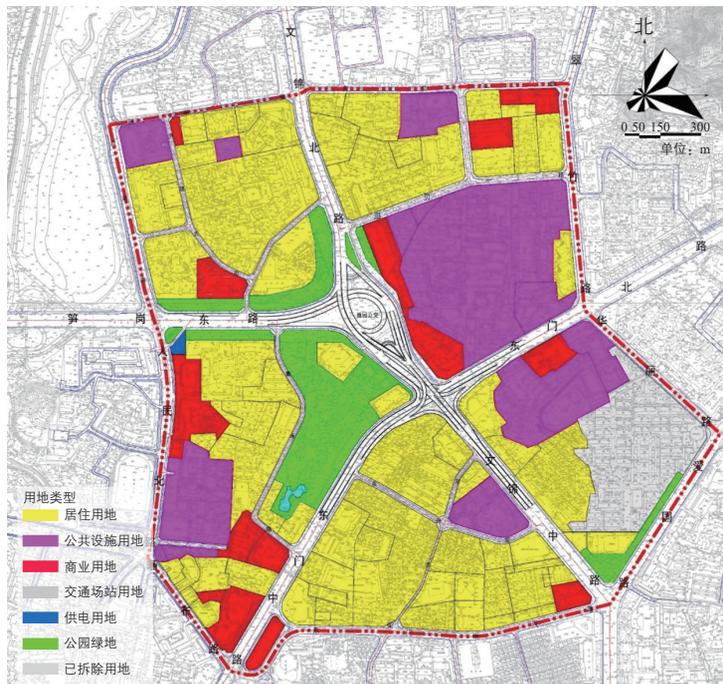


图1 深圳雅园立交现状周边用地

Fig.1 Existing land use surrounding Shenzhen Yayuan Interchange
资料来源：文献[2]。



图2 雅园立交改造范围示意

Fig.2 Illustration of transformation scope of Yayuan Interchange



图3 深圳罗湖雅园枢纽规划布局示意

Fig.3 Illustration of planning layout of Shenzhen Luohu Yayuan Hub
资料来源：文献[2]。

体空间关系进行研判，明确不同线路相互间的平面及竖向关系，为后续总体规划布局方案打下基础。

3) 交通需求预测与设施规模估算。构建交通需求预测模型，开展枢纽片区道路交通量、枢纽换乘量及接驳量的预测，在此基础上对各类交通接驳设施规模进行估算。

4) 枢纽总体布局方案规划设计。主要包括轨道交通车站总体布局、换乘通道布局、出入口及与周边地下空间联系方案、内部人流交通组织方案及接驳设施布局设计等。

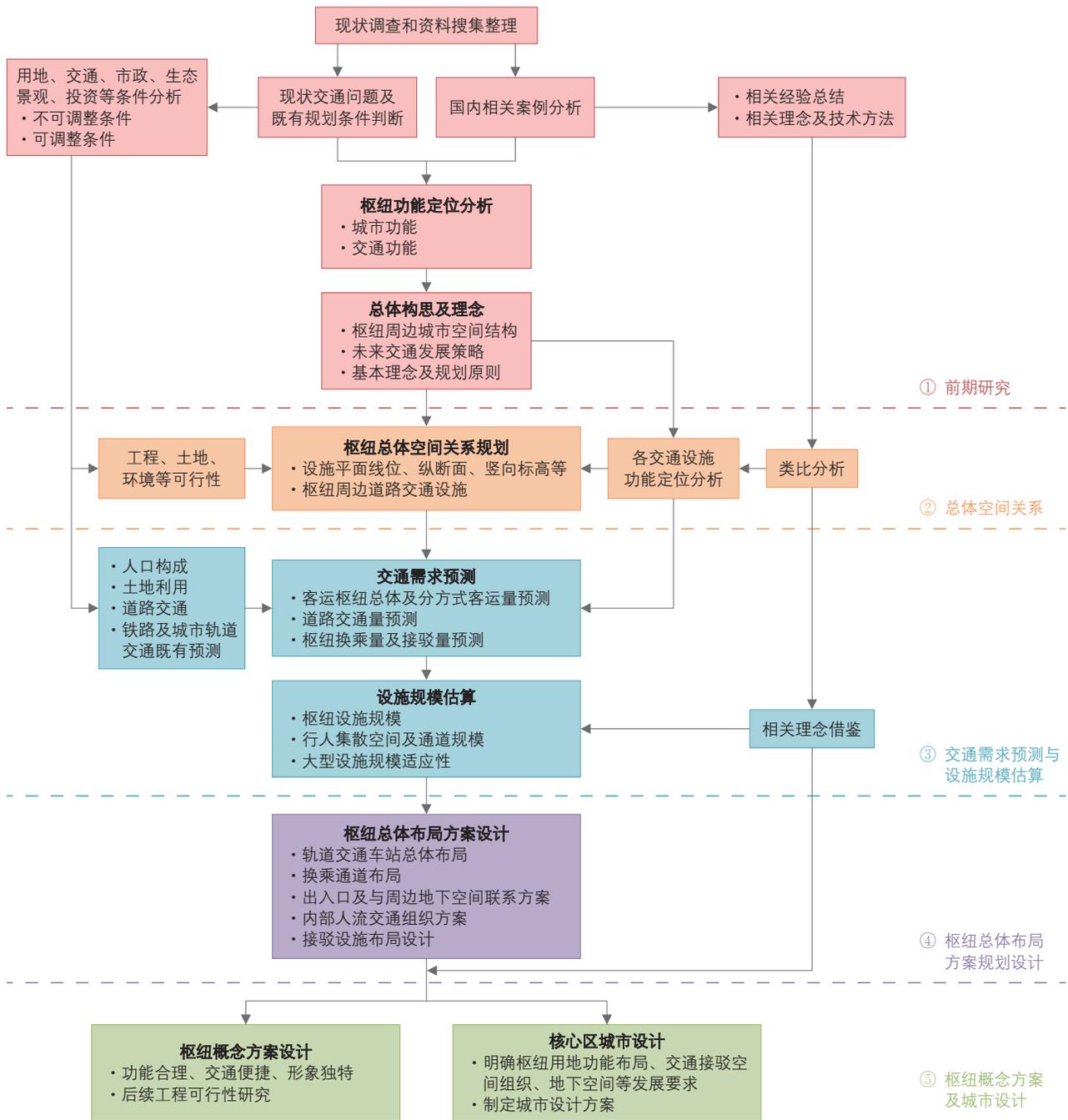


图4 城市轨道交通枢纽规划技术流程

Fig.4 Technical process of urban rail transit hub planning
资料来源：文献[3]。

5) 枢纽概念方案及城市设计。充分考虑枢纽地区的产业关系和空间关系,针对城市轨道交通枢纽核心区开展概念方案设计及城市设计。

2.2 城市道路立交改造为城市轨道交通枢纽的主要规划内容

上述城市轨道交通枢纽规划技术方法普遍适用于新城区的站城一体化规划,但大城市老城区城市道路立交改造为城市轨道交通枢纽需结合原城市道路立交的拆除改造进行。因此,需综合考虑枢纽所在城市区位及不同交通方式在轨道交通车站的相互换乘关系和影响因素,从不同层面分析枢纽地区的城市功能及枢纽交通功能定位,为后续提出枢纽详细规划的目标策略以及枢纽地区城市规划设计、总体规划布局及其交通接驳设施配置要求提供方向指引。此外,城市道路立交改造为轨道交通枢纽亦需重点考虑枢纽周边空间资源、用地权属、城市更新诉求及其他限制条件,统筹整合各方资源,从轨道交通、道路交通、城市规划设计、建筑景观、经济测算等多专业融合的角度出发,提出综合一体化的枢纽规划方案。

1) 总体功能定位。

一是枢纽地区的城市功能定位,主要从枢纽所处的城市区位、规划引导等方面分析该枢纽地区在城市层面所承担的功能。依托便捷的内外交通,枢纽地区很可能发展成为新的城市中心或片区中心。二是枢纽交通功能定位,这与各条城市轨道交通线路的交通功能密切相关,同时受周边其他轨道交通枢纽的功能影响,因此需要从城市轨道交通服务区域、城市及周边地区等方面进行分析。

2) 规划目标及发展策略。

根据枢纽所在区域的城市发展趋势和特点,按照“站城一体、城市重生”的规划理念,打造交通一体化、功能一体化、空间一体化^[4]的综合交通枢纽。改造原有道路立交,引入轨道交通枢纽,强化及整合城市发展各种资源,通过枢纽规划建设打造城市交往活力中心,实现枢纽换乘效率提升、城市缝合、站城一体及城市品质的提升。

3) 一体化枢纽详细规划内容。

一是通过大数据研判现状道路立交出行特征、开展未来交通需求预测及方案评估测试,强化量化分析对道路立交改造方案及枢

纽规划方案的支撑。二是结合枢纽换乘特性分析,提出枢纽总体布局及各类交通接驳设施布局方案。三是交通改善方案,包括道路立交改造方案及周边片区交通改善方案。四是枢纽核心区的城市规划设计方案,包括用地开发、城市设计及地下空间规划方案。五是开展枢纽工程投资估算及开发经济测算。六是提出枢纽规划实施路径,包括与相关规划衔接及相关利益方沟通协调。

3 罗湖雅园枢纽详细规划案例

3.1 总体功能定位

雅园片区位于罗湖中心区的东北部,该地区的主要城市功能为居住、医疗及公园等,片区建筑老化严重、城市建设面貌落后。因此,需以枢纽规划建设为契机,注入健康、激发活力、提升品质,将枢纽地区定位为活力健康的城市文化中心,打造罗湖健康文化策源地、交往活力中心、城市再造新典范。未来轨道交通24号线、25号线建成后,罗湖雅园枢纽将成为罗湖中心东北部重要的片区交通枢纽,主要承担城市轨道交通三线之间的衔接换乘以及雅园片区对外快速轨道交通联系,同时完善周边公共汽车、非机动车交通系统,打造片区综合交通枢纽。

3.2 规划目标及发展策略

为打造城市交往活力中心,实现枢纽换乘效率提升、城市缝合、站城一体及城市品

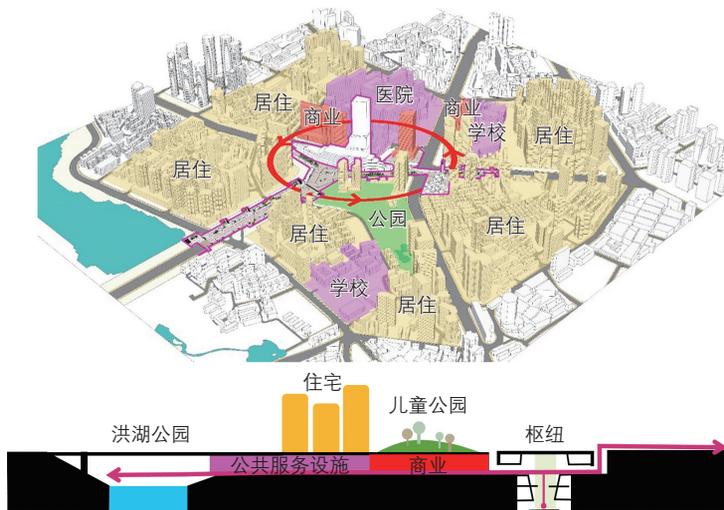


图5 罗湖雅园枢纽与周边连通规划示意

Fig.5 Illustration of connection between Luohu Yayuan Hub and surrounding areas

资料来源:文献[2]。

质提升的规划目标, 本文提出罗湖雅园枢纽规划3个策略: 1) 拆除改造原有复杂道路立交, 优化枢纽总体布局, 缝合城市, 连通周边各功能板块; 2) 整合周边城市更新项目, 加强与城市轨道交通枢纽无缝衔接、立体连通, 协同实施站城一体; 3) 连通周边优质生态资源, 提升非机动车交通环境品质, 构建安全宜人洄游系统(见图5)。

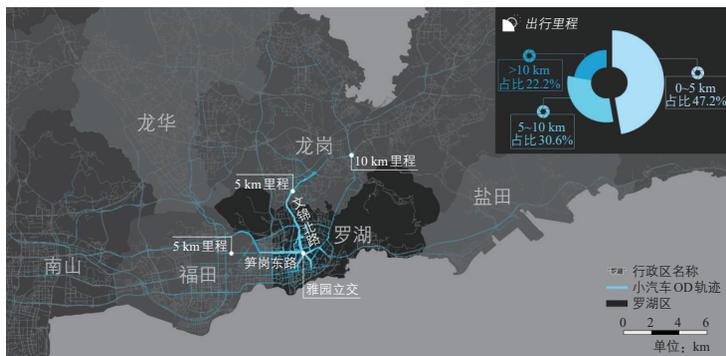


图6 雅园立交早高峰时段小汽车出行里程

Fig.6 Travel mileage of passenger cars passing Yayuan Interchange during morning peak hours

资料来源: 根据百度地图导航数据计算绘制。

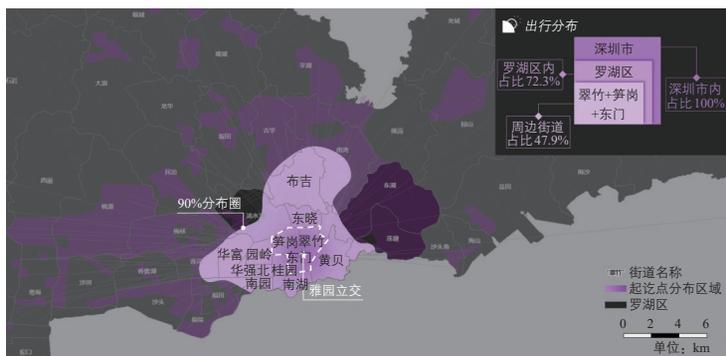


图7 雅园立交早高峰时段小汽车出行分布

Fig.7 Distribution of passenger car travel on Yayuan Interchange during morning peak hours

资料来源: 根据小汽车GPS数据计算绘制。

3.3 一体化枢纽详细规划内容

3.3.1 出行特征分析与交通需求预测

1) 大数据精准分析道路立交交通特征, 为改造方案提供量化支持。

原有道路立交是否改造以及合理改造方案的提出是道路立交改造为城市轨道交通枢纽成功的关键。因此, 必须充分运用交通大数据分析, 包括利用百度地图导航、小汽车GPS、高德地图应用程序接口(Application Programming Interface, API)等大数据分析拟改造道路立交的小汽车出行里程、小汽车出行分布特征等, 精准研判道路立交拆除对个体机动交通、公共交通出行者的影响, 为拆除与否做充分的量化分析支撑。

根据百度地图导航及小汽车GPS数据分析, 雅园立交早高峰时段小汽车5 km以内的出行占比为47.2%, 5~10 km的出行占比为30.6%(见图6); 小汽车出行分布位于雅园立交周边街道占比为47.9%, 罗湖区内占比为72.3%(见图7)。这说明雅园立交承担的交通功能已发生较大变化, 长距离的快速通过性交通占比较少, 中短距离的集散交通占比较多, 因此有必要改建雅园立交, 且只需保证主要流向、大交通量的方向快速通过, 其他方向交通流可通过改造的平面交叉口来承担。

2) 构建交通需求预测模型, 科学预测未来片区及枢纽交通需求。

以道路立交改造为城市轨道交通枢纽为契机大力推进老城区城市更新, 土地开发强度及新增建筑规模将大幅提高。需结合周边城市更新项目进行整体交通需求预测及换乘关系分析, 为片区交通改善方案提供依据。为枢纽总体布局及各类交通接驳设施布局、规模测算做好量化支撑。根据预测, 罗湖雅园枢纽全日换乘客流总量约为13.4万人次·d⁻¹, 高峰小时换乘客流总量约为1.8万人次·h⁻¹(见图8); 轨道交通3号线与24号线换乘客流量>24号线与25号线>3号线与25号线(见图8), 3号线与24号线换乘客流量约占总换乘客流量的50%。交通需求预测及换乘关系分析为后续枢纽采用分散式布局还是集中式布局提供了有利数据支撑。

3.3.2 道路立交改造方案

1) 多方案比选, 合理确定城市道路立交改造方案。

道路立交改造方案与城市轨道交通枢纽

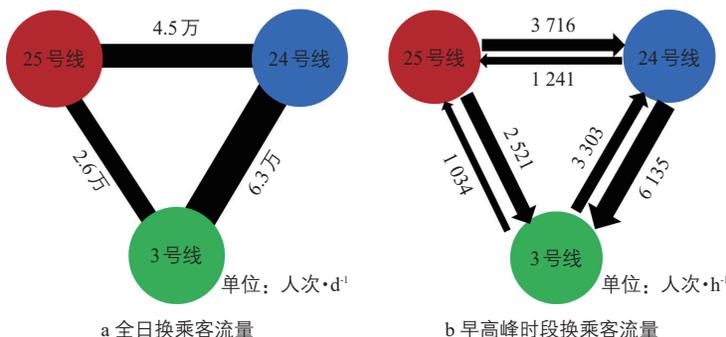


图8 罗湖雅园枢纽轨道交通线路换乘客流量分析

Fig.8 Analysis of transfer passenger flow for rail transit lines at Luohu Yayuan Hub

资料来源: 文献[2]。

总体布局、枢纽核心区开发方案息息相关。因此在满足道路立交承担的交通功能外，需综合考虑立交改造后释放的用地、与城市轨道交通交通枢纽布局的协同，以及对道路两侧城市的缝合性、城市空间品质提升等因素，多方案比选后确定合理的改造方案，力争达到片区交通改善和枢纽站城一体实施的双赢。根据雅园立交改造的功能定位与边界限制条件，本文提出4种改造方案并进行多角度比选，最终选择两隧改造方案。

① 平面交叉改造方案：将道路立交全部拆除，采用平面交叉的形式(见图9a)。

② 一桥一隧改造方案：拆除笋岗东路左转文锦北路匝道，改为地下定向匝道；拆除文锦北路南进口直行匝道及人民医院侧面匝道，线位改成平行于文锦北路北进口直行匝道(见图9b)。

③ 两隧改造方案：笋岗东路西转北匝道下沉、文锦北路南北向直行匝道下沉，其余方向平面交叉(见图9c)。

④ 一隧改造方案：文锦北路南北向直行匝道下沉，其余方向平面交叉(见图9d)。

2) 城市道路立交改造方案交通运行评估测试。

道路立交改造方案确定后，构建交通需求预测模型，对道路立交拆除前后的交通运行状况进行评估测试(见图10)。结果显示，规划年高峰时段节点交通总量为2.85万pcu·h⁻¹(双向)，较现状增长约8%；改造后节点运行状况良好，文锦北路(进口道)、东门北路(进口道)服务水平为D级，较现状F级提升两级。

3.3.3 枢纽规划布局方案

道路立交改造方案确定后，根据枢纽换乘关系及客流分布特征，结合轨道交通线型、道路立交改造后释放的用地空间等因素提出合理的枢纽规划布局方案。《深圳市轨道交通24号线交通详细规划》中罗湖雅园枢纽布局较分散，轨道交通24号线、25号线采用通道换乘，换乘距离较远(220 m)，且

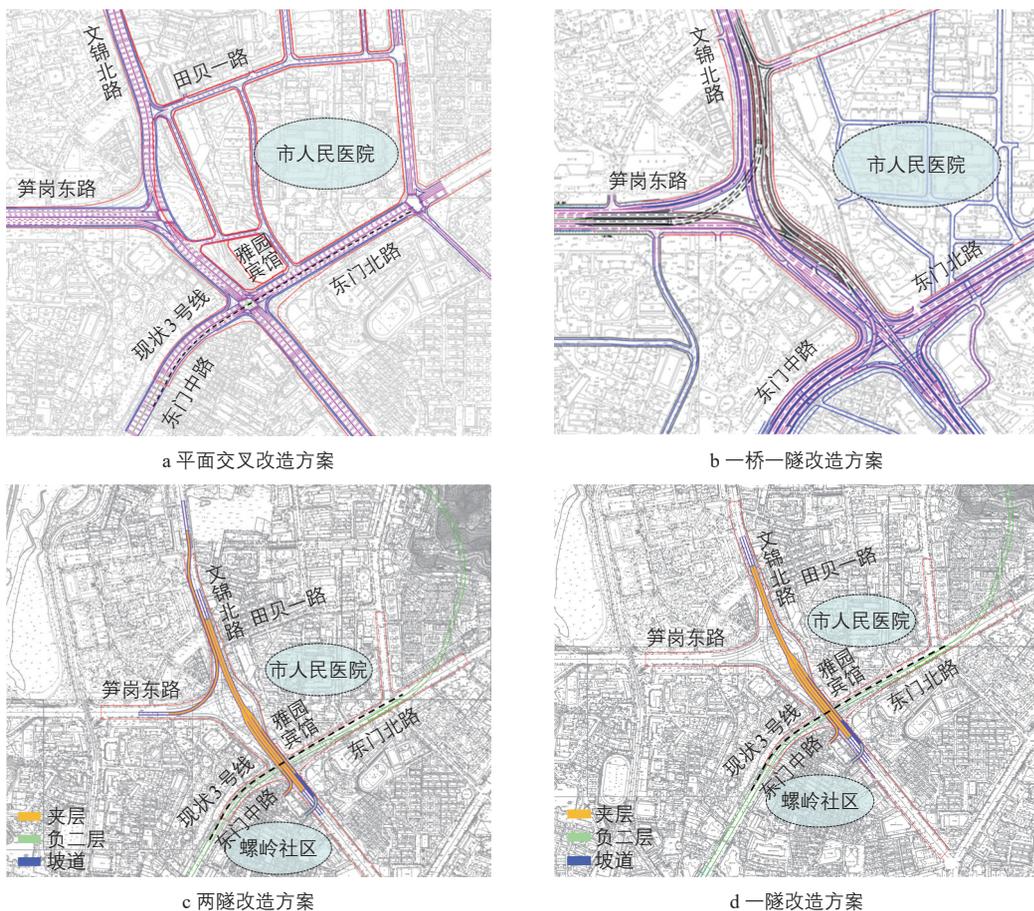


图9 罗湖雅园立交改造方案比选

Fig.9 Comparison and selection of Luohu Yayuan Interchange transformation plans

资料来源：文献[2]。

与轨道交通3号线翠竹站无衔接。《罗湖雅园枢纽详细规划研究》提出两种枢纽布局方案，分别是枢纽分散换乘(两两换乘)以及集

中换乘(三线换乘)方案，并进行多因素多角度比选。

1) 分散换乘方案。轨道交通24号线设

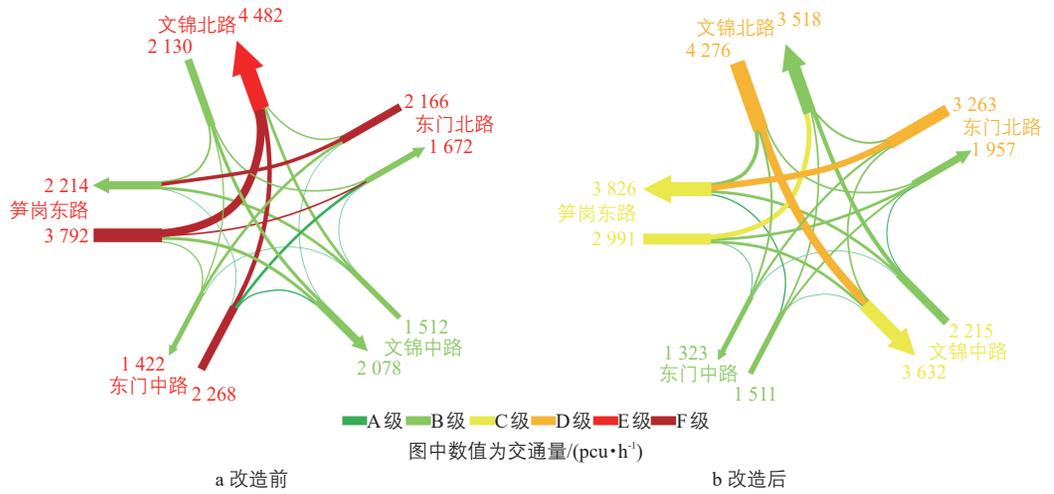
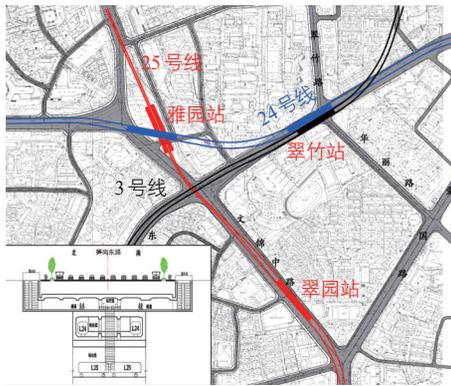


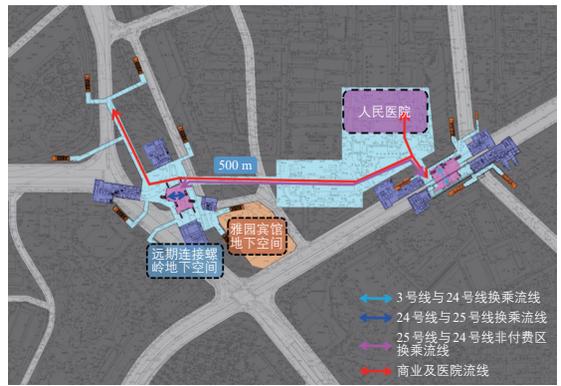
图10 雅园立交改造前后节点服务水平示意

Fig.10 Node-level services before and after the transformation of Yayuan Interchange

资料来源：文献[2]。



a 轨道交通车站分散布局示意



b 轨道交通换乘流线示意

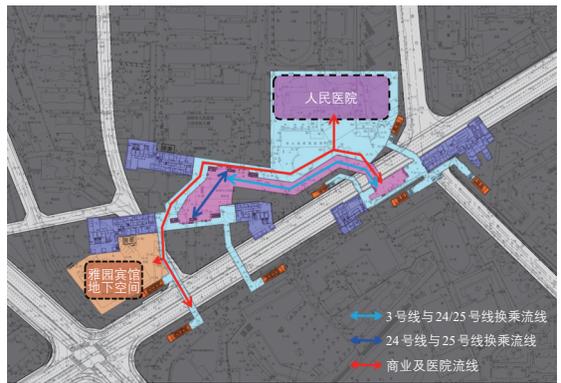
图11 罗湖雅园枢纽分散换乘方案

Fig.11 Decentralized transfer plan of Luohu Yayuan Hub

资料来源：文献[2]。



a 轨道交通车站集中布局示意



b 轨道交通换乘流线示意

图12 罗湖雅园枢纽集中换乘方案

Fig.12 Centralized transfer plan of Luohu Yayuan Hub

资料来源：文献[2]。

两站，在翠竹站与轨道交通3号线换乘，在雅园站与轨道交通25号线换乘，罗湖雅园枢纽位于雅园立交正下方(见图11a)。24号线与25号线为岛侧节点换乘，3号线与24号线为站厅换乘，3号线与25号线采用非付费区进行换乘(见图11b)。

2) 集中换乘方案。轨道交通24号线、25号线和3号线三线集中在站厅换乘，车站位于人民医院地块(见图12)。

从平面换乘距离及竖向换乘条件、站城一体化实施难度，以及与医院和雅园立交改造关系、车站及区间拆迁量、轨道交通线型条件等多角度进行方案比选(见表1)，发现分散换乘方案更符合“量大距近”原则，与片区活动人口密度分布更匹配，与道路立交改造方案结合更紧密，有利于协同实施站城一体，且轨道交通线型条件较好。因此，推荐分散换乘方案。

3.3.4 枢纽核心区的城市规划设计方案

从TOD(transit-oriented development)枢纽、生态渗透、商业连通、产业升级等方面统筹考虑，提出枢纽核心区用地开发及城市设计方案：以城市轨道交通枢纽为核心连接

各象限，串联城市主要功能，并结合城市公园及绿带构建绿色城市空间，延伸枢纽服务；打通片区商业轴线，结合地下空间开发打造站城一体综合体，促进商业连通；以传统优势产业为抓手，植入新型服务产业，促进区域产业升级，带动老城振兴。

1) 用地开发方案。根据道路立交改造方案及改造后的道路线型，提出枢纽核心区用地开发方案。道路立交改造后释放用地约5万 m^2 ，由政府主导开发，增加公共汽车首末站且上盖公共服务配套用房(容积率2.7)，地下空间为10.2万 m^2 商业及公共服务配套(见图13)。

2) 核心区城市设计。充分利用立交改造释放用地，进行地上与地下立体综合开发，建设站城一体化和公园立体综合体，打造四通八达的枢纽核心、绿影茵茵的公园商街、无缝衔接的立体中庭、与城市更新结合的活力商业。同时规划完善的地下连通道，合理组织枢纽各类人行交通，连接枢纽核心、儿童公园、人民医院及商业内街，并通过建设连续的下沉广场来延伸、提升枢纽的地下空间品质及商业价值(见图14)。

表1 罗湖雅园枢纽规划布局方案比选

Tab.1 Comparison and selection of Luohu Yayuan Hub planning layout schemes

影响因素	分散换乘方案		集中换乘方案	
	分析	评价	分析	评价
城市轨道交通 3号线与24号线换乘距离/m (对应换乘量/(万人次·d ¹))	20(6.3)	优	180(6.3)	差
平面 换乘 距离 城市轨道交通 3号线与25号线换乘距离/m (对应换乘量/(万人次·d ¹))	需在非付费区换乘 或需两次换乘，换 乘路线不确定(2.6)	差	200(2.6)	差
城市轨道交通 24号线与25号线换乘距离/m (对应换乘量/(万人次·d ¹))	30(4.5)	优	60(4.5)	优
竖向换乘条件	三层车站， 两两换乘距离短	优	三层车站，竖向换乘 距离较短	优
站城一体化实施	较好，可结合道路 立交改造释放用地	优	较差	差
与医院关系	较好，地下空间 连为一体	优	需要占用医院用地， 协调较困难	中
与雅园立交改造关系	结合立交改造 一并实施	中	可以与道路立交改造分开	优
车站及区间拆迁量	仅部分区间下穿 雅园宾馆用地	中	需下穿雅园宾馆、人民医 院和木头龙社区，占地较 多，拆迁量较大	差
线型条件	较好	优	一般	中
综合评价		优		中

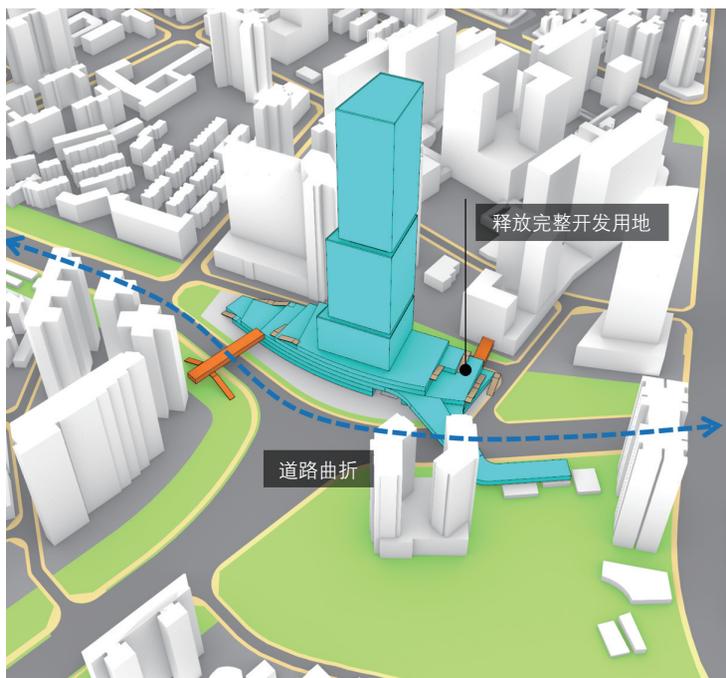


图13 罗湖雅园枢纽核心区城市设计示意

Fig.13 Illustration of urban design in the Luohu Yayuan Hub core area
资料来源：文献[2]。



图14 罗湖雅园枢纽地下空间开发示意

Fig.14 Illustration of underground space development of Luohu Yayuan Hub
资料来源：文献[2]。

3.3.5 枢纽工程投资估算和开发经济测算

为确保枢纽规划方案可落地与可实施，对雅园立交改造为城市轨道交通枢纽的经济可行性进行测算：轨道交通工程及道路立交改造、地下空间开发工程投资约为54.4亿元；对释放用地及配套开发进行经济测算，

释放地上1.65 hm²公共用地，新增地下建筑面积10.2万m²；地下商业利润4.94亿元，地上商业开发利润约36亿元。考虑到后续枢纽开发项目持续的税收，投资收益基本平衡。

4 结束语

本文结合深圳市老城区大型道路立交改造为城市轨道交通枢纽的详细规划实践，提出了一体化枢纽详细规划的技术方法和主要内容。重点通过精细化的大数据分析及构建交通需求预测模型，分析道路立交交通特征和城市轨道交通枢纽交通需求，为规划方案提供量化支撑。此外，遵循多专业融合的规划理念，提出枢纽规划布局、道路立交改造、用地规划、城市设计等综合一体化的枢纽规划方案，实现了枢纽地区土地资源的最大化利用，从而促进城市更新与轨道交通建设紧密结合、激发老城区城市发展活力。

参考文献：

References:

- [1] 郭少锋, 芦晓昀, 刘义钰. 从TOD到TOR: 存量语境下轨道交通引领城市更新策略研究[J]. 规划师, 2022, 38(3): 76-81.
GUO S F, LU X Y, LIU Y Y. From TOD to TOR: transit oriented renewal in built-up area redevelopment[J]. Planners, 2022, 38(3): 76-81.
- [2] 深圳市城市交通规划设计研究中心股份有限公司. 罗湖雅园枢纽详细规划[R]. 深圳: 深圳市城市交通规划设计研究中心股份有限公司, 2021.
- [3] 宗传苓, 谭国威, 张晓春. 基于城市发展战略的深圳高铁枢纽规划研究: 以深圳北站和福田站为例[J]. 规划师, 2011, 27(10): 23-29.
ZONG C L, TAN G W, ZHANG X C. Shenzhen high speed rail station planning for urban development: Shenzhen North Station and Futian Station[J]. Planners, 2011, 27(10): 23-29.
- [4] 王亿方, 刘翀, 谢辉. 虹桥综合交通枢纽十年发展回顾与展望[J]. 城市交通, 2019, 17(5): 59-65.
WANG Y F, LIU C, XIE H. A review of the ten-year development of Hongqiao integrated transportation terminal[J]. Urban transport of China, 2019, 17(5): 59-65.