

地铁工程设计中城市规划控制的理念与实施策略

陈振强

(广州地铁设计研究院股份有限公司, 510010, 广州)

摘要 [目的]合理的城市规划控制可以有效降低地铁项目的建设成本,提高地铁系统的运输能力和服务质量,实现城市可持续发展,应对城市规划控制的理念和实施策略进行分析和研究。[方法]首先,分析地铁工程设计中城市规划控制的重要性,突出城市规划控制在保障地铁工程实现安全建设与运行、创造经济效益和社会效益、满足环保要求等方面所起的作用。其次,阐述地铁工程设计中城市规划控制的6大理念及其理论依据,并通过与这些理念相关的国内外案例说明城市规划控制在地铁工程设计中的应用成效。再次,以广州地铁11号线为例,验证地铁工程设计中城市规划控制的重要性,以及在线路规划、站点设置、运营模式等方面的具体实施方法。最后,选取北京、上海、广州有代表性的地铁项目,阐述在面对环境保护、线路走向优化、征地拆迁等不同项目难点时,城市规划的控制要点和实施策略。[结果及结论]当前我国地铁工程设计中城市规划控制依然存在不足,同时也面临数字化技术发展带来的挑战和机遇,未来应加强大数据和人工智能的应用,以提升地铁工程设计中城市规划控制的精准度和效率。

关键词 地铁; 工程设计; 城市规划控制; 城市规划理念; 规划实施策略

中图分类号 U231: TU984. 191

DOI:10. 16037/j. 1007 - 869x. 20241418

Concept and Implementation Strategies of Urban Planning Control in Metro Engineering Design

CHEN Zhenqiang

(Guangzhou Metro Design & Research Institute Co., Ltd., 510010, Guangzhou, China)

Abstract [Objective] Rational urban planning control can effectively reduce the costs for metro project construction and operation, enhance the transport capacity and service quality of metro systems, and promote sustainable urban development. Therefore, it is essential to analyze and study urban planning control concepts and implementation strategies in metro engineering design. [Method] First, the importance of urban planning control in metro engineering design is analyzed, emphasizing its role in ensuring safe construction and operation, generating economic and social benefits, so as to meet environ-

mental protection requirements. Then, six core concepts of urban planning control in metro engineering design and their theoretical foundations are explained. The application effectiveness of these concepts is demonstrated through relevant case studies in China and abroad. Next, Guangzhou Metro Line 11 is used as an example to verify the importance of urban planning control in metro engineering design, illustrating specific implementation methods in route planning, station layout, and operational models. Finally, representative metro projects in Beijing, Shanghai, and Guangzhou are selected to elaborate on key control points and implement strategies of urban planning when addressing project challenges such as environmental protection, route optimization, and land acquisition and demolition. [Result & Conclusion] Currently, shortcomings still exist in urban planning control in metro engineering design in China, while also facing new challenges and opportunities brought by the development of digital technologies. In the future, greater emphasis should be placed on the application of big data and artificial intelligence to enhance the accuracy and efficiency of urban planning control in metro engineering design.

Key words metro; engineering design; urban planning control; urban planning concept; planning implementation strategy

随着我国城市化进程不断加速,城市交通问题日益凸显,在人口密集的大都市,交通拥堵已成为城市发展的瓶颈。地铁以其大运量、高效率、低污染的特点,成为缓解城市交通压力、提升城市运行效率的有效手段。然而,地铁建设并非易事,其工程设计的复杂性和长期性对城市规划控制有极高的要求。

地铁工程设计中的城市规划控制是指在项目规划阶段,通过科学的方法和手段,对项目进行全局性、前瞻性的布局和优化,以确保项目在后续建设和运营中能够满足城市交通需求、保障乘客安全,实现经济效益和社会效益的最大化。这一过程不仅关乎地铁系统本身的效率和安全性,更直接影响到整个城市交通系统的运行效率和居民的生活质量。

近年来,我国地铁建设成绩斐然。但线路布局不合理、站点设置不科学、衔接换乘不顺畅等城市规划控制方面的问题,随着地铁线网的不断扩大也逐渐暴露。这些问题不仅影响地铁运营效率,也给乘客带来不便。

综上所述,探讨地铁工程设计中的城市规划控制问题既有现实意义,也有理论价值。

1 地铁工程设计中城市规划控制的重要性

地铁是现代城市交通体系的重要组成部分,为城市提供高效、快捷、大容量的公共交通服务。随着我国城市化进程的加速,地铁的规划、建设日益注重与城市空间相协调,力求实现交通与土地利用的一体化发展。

在地铁项目规划阶段,城市规划控制通过科学的方法与合理的布局,确保地铁系统满足城市交通需求,保障运营安全,实现经济效益与环境效益的和谐统一^[1-2]。城市规划控制具体涉及线路走向的选择、站点设置的合理性、车辆选型与编组、运营模式优化等多个方面^[3-8]。通过合理的城市规划控制,可以有效降低地铁项目的建设、运营成本,提高地铁系统的运输能力和服务质量,同时减少对城市环境的影响,实现可持续发展。

地铁工程设计中城市规划控制的意义和作用包括:① 通过科学规划,可以减少线路与周围环境的安全隐患,保证行车安全;② 通过合理的线路布局和站点设置,可以最大限度吸引客流,提高运营效率,提升轨道交通的经济性;③ 通过采用低噪声、低排放的车辆和运营方式及绿色节能设计措施,可降低地铁对环境的不良影响,提升地铁工程设计对环境的友好性。

2 地铁工程设计中城市规划控制的理论、实践与理论依据

在地铁工程设计中合理运用城市规划控制的理念及其理论依据成为项目成功的基石,相关内容主要包括以下6个方面。

1) 土地利用与城市交通协调发展理念与实践分析(见图1)。该理念作为核心理念在北京地铁6号线项目中得到充分运用。北京地铁6号线通过综合交通枢纽规划和优化线路走向,在促进沿线土地有效开发的同时,显著提高了交通运输效率^[9-10],其他城市也就城市轨道交通系统规划控制标准和管

控要求开展了相关研究^[11-16]。这些城市规划策略的成功,得益于吴良镛教授所强调的人与自然和谐共生的“人居环境科学”理论^[17]。但在实践中,拆迁难成为一大挑战,项目团队通常采用补偿多元化和加强沟通协商的办法,使问题得到有效解决。

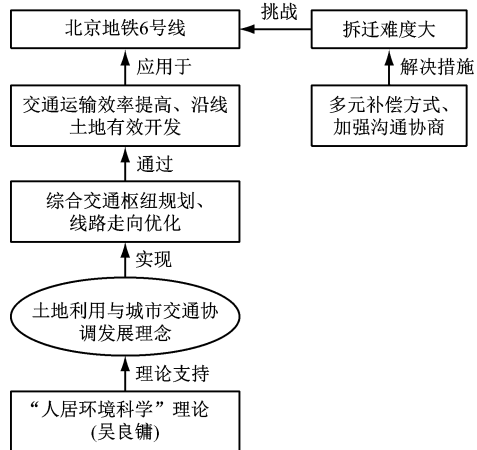


图1 土地利用与城市交通协调发展理念与实践分析
Fig. 1 Analysis of the concept and practice for land use and urban transportation coordinated development

2) 可持续发展理念与实践分析(见图2)。城市轨道交通的可持续发展是城市规划控制的重要关注点^[18-20]。可持续发展理念是当前全球化的重要主题,在伦敦市郊铁路 Crossrail 线项目中得到充分运用。Crossrail 线项目应用环保材料和采取节能减排措施,降低了工程对环境的影响,提升了城市形象^[21]。在 Crossrail 线项目的施工过程中,项目组加强对周边环境的监测,制定严格的操作规程,将施工对市民的干扰降到最低。这与 Brundtland 委员会(联合国世界环境与发展委员会)主张的不损害后代人权益情况下满足当代人需求的“可持续发展”概念相匹配。

3) 城市交通需求管理理念与实践分析(见图3)。对城市交通需求进行管理非常重要,以新加坡地铁线网为例,其地铁系统能够成功破解城市交通拥堵,提升地铁服务质量,主要得益于票价政策和限流措施。这些策略的理论基础源于美国学者 Walter Isard 所强调的对交通需求进行科学管理和调控的“区域科学”理论。新加坡政府还引入多元投资机制,实现政企共赢,有效解决了资金短缺的难题。

4) 城市均衡发展理念与实践分析(见图4)。促进城市均衡发展是城市规划控制的重要作用之

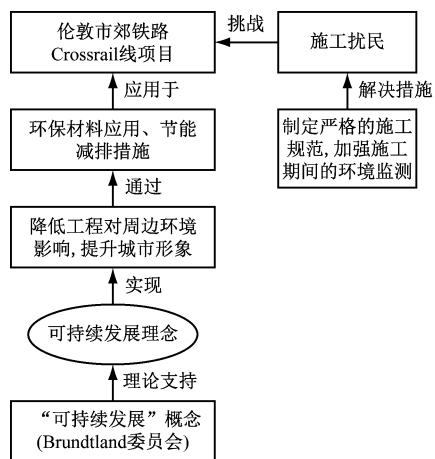


图2 可持续发展理念与实践分析

Fig. 2 Analysis of the concept and practice for sustainable development

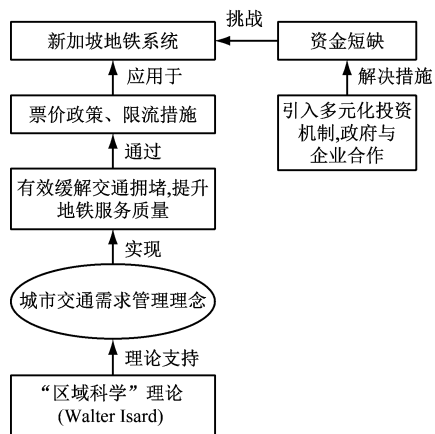


图3 城市交通需求管理理念与实践分析

Fig. 3 Analysis of the concept and practice for urban transportation demand management

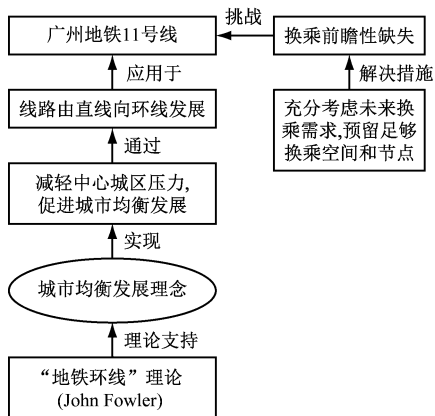


图4 城市均衡发展理念与实践分析

Fig. 4 Analysis of the concept and practice for balanced urban development

一,以广州地铁11号线为例,其围绕广州中心城区形成一个“大环”,将中心城区的客流往外疏导。这

一做法起源于1880年伦敦地铁首席工程师 John Fowler 提出的“地铁环线”理论,这一理论有效促进了城市的均衡发展^[22]。面对环线换乘问题, John Fowler 主张在设计阶段充分考虑未来换乘需求,预留足够的换乘空间和节点。

5) 公众介入与规划透明化理念与实践分析(见图5)。公众介入与规划透明化同样是城市规划控制地铁工程设计的重要措施,东京地铁副都心线通过公众参与规划和信息公开透明,增强了公众对规划的理解和支持,减少了社会矛盾。这一做法符合美国学者 John Friedmann 的“核心-边缘”理论,它强调了公众参与在城乡规划中的重要性^[23]。针对规划变更频繁的问题,东京地铁副都心线的项目团队还建立了灵活的规划调整机制,加强与公众的沟通,确保了规划的顺利实施。

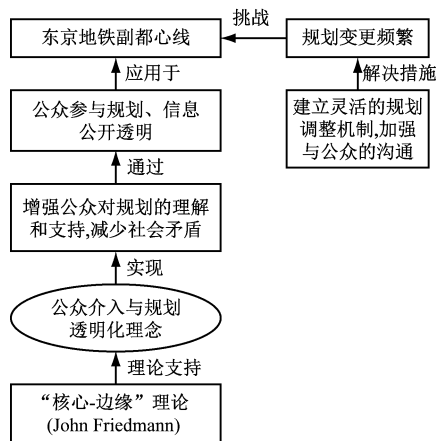


图5 公众介入与规划透明化理念与实践分析

Fig. 5 Analysis of the concept and practice for public involvement and planning transparency

6) 智能交通系统技术理念与实践分析(见图6)。智能交通系统技术为地铁带来颠覆性的变革^[24],以上海轨道交通14号线为例,其通过自动化控制系统和信息化管理手段,提高了地铁运营的安全性和效率,降低了运营成本。百度公司创始人李彦宏提出的“智能交通”概念为上海轨道交通14号线的技术应用提供了理论支持。面对技术迭代较快的挑战,上海轨道交通14号线项目团队建立了持续的技术更新机制,加强了技术研发与合作。

综上所述,地铁工程设计中城市规划控制的理念、实践与理论依据如表1所示。

3 地铁工程设计中的城市规划控制案例

本文以广州地铁11号线(以下简称“11号

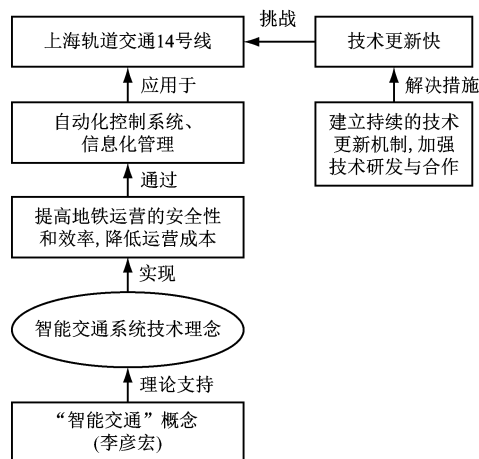


图6 智能交通系统技术理念与实践分析

Fig. 6 Analysis of the concept and practice for intelligent transportation system technology

线”)工程为案例,验证地铁工程设计中城市规划控制的重要性和具体实施方法。以11号线为例,地铁工程设计中城市规划控制的案例分析如表2所示。11号线作为广州首个环线工程,是广州地铁网络的重要组成部分,线路全长44.20 km,途经天河区、白云区、越秀区、荔湾区和海珠区。城市规划控制对其有以下3个方面的关键控制。

1) 线路规划。11号线的走向充分考虑了与广州市“中调”发展战略目标相协调,强调疏解广州中心城区的人口密度,改善人居环境,提升11号线沿线土地的综合利用功能,优化城市环境,确保11号线能够有效缓解中心城区的交通压力,促进城市的均衡发展。通过深入分析11号线沿线国土利用情况、交通需求及未来发展规划,确定11号线整体路

表1 地铁工程设计中城市规划控制的理念、实践与理论依据

Tab. 1 Concept, practice, and theoretical basis for urban planning control in metro engineering design

序号	理念	实践案例	城市规划控制策略	应用效果	理论依据	遇到的问题及解决方案
1	土地利用与城市交通协调发展理念	北京地铁6号线	综合交通枢纽规划、线路走向优化	提高交通运输效率,促进沿线土地开发	吴良镛教授的“人居环境科学”理论	拆迁难度大:采用多元化补偿方式,加强沟通协商
2	可持续发展理念	伦敦市郊铁路Crossrail线项目	环保材料应用、节能减排措施	降低工程对周边环境的影响,提升城市形象	Brundtland委员会的“可持续发展”概念	施工扰民:制定严格的施工规范,加强施工期间的环境监测
3	城市交通需求管理理念	新加坡地铁系统	票价政策、限流措施	有效缓解城市交通拥堵,提升地铁服务质量	Walter Isard的“区域科学”理论	资金短缺:引入多元化投资机制,政府与企业合作
4	城市均衡发展理念	广州地铁11号线	线路由直线向环线发展	减轻中心城区压力,促进城市均衡发展	John Fowler的“地铁环线”理论	换乘前瞻性缺失:充分考虑未来换乘需求,预留足够换乘空间和节点
5	公众介入与规划透明化理念	东京地铁副都心线	公众参与规划、信息公开透明	增强公众对规划的理解和支持,减少社会矛盾	John Friedmann的“核心-边缘”理论	规划变更频繁:建立灵活的规划调整机制,加强与公众的沟通
6	智能交通系统技术理念	上海轨道交通14号线	自动化控制系统、信息化管理	提高地铁运营的安全性和效率,降低运营成本	李彦宏(百度公司)提出的“智能交通”概念	技术更新快:建立持续的技术更新机制,加强技术研发与合作

由为:串联琶洲、广州东站、广州火车站和白鹅潭等城市枢纽,衔接珠三角城际轨道交通网,进一步增强广州轨道交通网络的通达性与便捷性。

2) 站点设置。11号线共设置31个站点,其中19座车站为换乘站,这些站点大多位于城市交通节点处,或其他轨道交通线路形成换乘,使乘客的出行效率得到提升,如赤沙滘站与广州地铁12号线换乘、琶洲站与广州地铁8号线换乘、天河公园站与广州地铁13号线二期及广州地铁21号线换乘等。11号线的站点设置不仅方便了乘客的换乘需求,还

促进了周边地区的经济发展。

3) 运营模式。11号线采用8节编组A型车,最高运行速度为80 km/h,运营时间为06:00~23:00,高峰时段行车间隔为2 min,非高峰时段为4 min。这一运营模式在保证运营效率和服务质量的同时,充分考虑了乘客的出行习惯和需求。为满足不同时段的客流需求,11号线通过客流预测和需求分析,对列车编组和行车间隔进行了科学调整,不断优化运营模式和服务质量,确保11号线工程设计与城市发展战略需求相匹配。

表 2 地铁工程设计中城市规划控制的案例分析

Tab.2 Case analysis of urban planning control in metro engineering design

研究对象	广州地铁 11 号线
研究内容概要	对城市规划控制过程中的关键控制点进行详细剖析,包括线路规划、站点设置及运营模式等
线路规划	线路全长 44.20 km,全部采用地下敷设方式,线路呈环形布局;途经区域:天河区、白云区、越秀区、荔湾区、海珠区
站点设置	全线共设车站 31 座;换乘站:19 座;平均站间距 1.43 km
运营模式	运营时间:早 06:00 至晚 23:00;列车编组:8 节编组 A 型车;行车间隔:高峰时段 2 min,平峰时段 4 min
规划控制关键控制点	① 线路布局与城市规划的协调性;② 站点设置与城市其他交通节点衔接的便捷性;③ 列车编组与客流需求的匹配性;④ 运营模式与乘客出行习惯的适应性
揭示的重要性	城市规划控制能够确保地铁工程设计与城市发展战略需求相协调,提高运营效率和服务质量,满足乘客出行需求
具体实施方法	① 制定详细的规划控制方案;② 加强与城市规划部门的沟通与协作;③ 准确预测客流数据,了解客流的需求;④ 根据 11 号线的实际使用情况,不断优化运营模式和服务质量

11 号线在设计过程中,对线路走向与城市规划的协调性、站点设置与城市其他交通节点的衔接度、列车编组与客流需求的匹配度,以及运营模式与乘客出行习惯的适应性等关键控制点进行了严格控制。为确保规划控制的有效实施,11 号线制定了详细的规划控制方案,并与城市规划部门加强沟通与协作。广州地铁 11 号线的城市规划控制分析如图 7 所示。

4 地铁工程设计中城市规划控制的实施策略分析

上述广州地铁 11 号线案例偏重项目的整体实施情况,下文以北京、上海、广州具有代表性的地铁运营线路为研究对象,进一步探讨地铁工程设计中城市规划控制关键要素的实施策略及应用效果。

上海轨道交通 14 号线工程的规划控制,对环境保护、文物保护以及噪声与振动的控制均有所侧重,既促进了城市的可持续发展,又保护了历史文化遗产,还很好地改善了居民的生活质量。然而复杂的地质条件给建设带来了安全隐患,在规划阶段,项目组通过加强地质勘察,制定详细的建设策略,强化安全教育与培训,有效降低了施工风险。

北京地铁 6 号线二期工程通过优化线路走向、调整站点布局,有效提升了线路运营效率,明显缩短了乘客出行时间。施工期间通过交通疏导措施将对市民出行造成的影响降到最低。然而,项目实施过程中也遇到了地下管线复杂、施工难度极大的问题。为此,项目组加强了现场监测,采用先进的施工技术,与相关部门紧密协调,最终确保了项目的顺利进行。

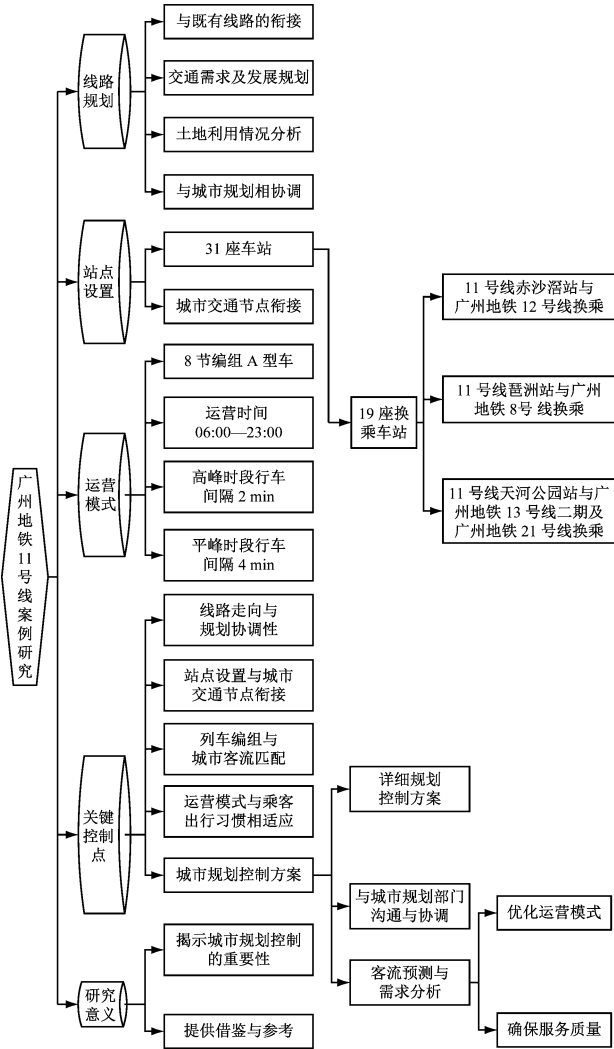


图 7 广州地铁 11 号线的城市规划控制分析

Fig.7 Urban planning control analysis of Guangzhou Metro Line 11

广州地铁 9 号线一期工程的规划控制,重点解决了征地拆迁安置、管线迁改协调及交通接驳设计等问题。这些问题的解决保障了项目顺利推进,减

少了对周边居民的影响,明显提升了交通便捷性。然而,被征地拆迁难、管线迁改复杂等难题成为挑战。项目团队通过加强与政府部门的沟通,制定合理的补偿方案,提前做好规划管线迁改路径方案,

很好解决了上述问题。

以上经验为今后我国地铁工程设计中的城市规划控制实施提供了有益借鉴。地铁工程设计中城市规划控制的实施策略分析如表3所示。

表3 地铁工程设计中城市规划控制的实施策略分析

Tab.3 Analysis of implementation strategies for urban planning control in metro engineering design

案例	建设单位	城市规划控制要点	实际效果	影响分析	遇到的问题	应对策略
上海轨道交通14号线工程	上海隧道工程股份有限公司	环境保护措施、文物保护方案、噪声与振动控制	环境保护得到保障,文物未受破坏,噪声与振动有效控制	促进了城市可持续发展,保护了历史文化遗产,提升了居民生活质量	地质条件复杂,施工安全风险高	加强地质勘查,制定详细施工方案,强化安全教育与培训
北京地铁6号线二期工程	北京城建设计发展集团股份有限公司	线路走向优化、站点布局调整、施工期间交通疏导	线路运营效率提升,乘客出行时间缩短,施工影响最小化	优化了城市交通结构,缓解了交通压力,提升了城市形象	地下管线复杂,施工难度大	采用先进施工技术,加强现场监测,与相关部门紧密协调
广州地铁9号线一期工程	广州市地下铁道总公司	征地拆迁安置、管线迁改协调、交通接驳设计	征地拆迁顺利完成,管线迁改未影响施工进度,交通接驳便捷	保障了项目顺利推进,减少了施工对周边居民的影响,提升了交通便捷性	征地拆迁难度大,管线迁改复杂	加强与政府部门沟通,制定合理补偿方案,提前规划管线迁改路径

5 结语

地铁工程设计中城市规划控制作为保障地铁系统可持续发展的重要手段,不仅关系到地铁的安全性、经济性,还影响其环境友好程度。合理的城市规划控制可以使地铁工程的综合效益得到提升,如在线路规划阶段,要确保线路的科学性和合理性,充分考虑城市发展方向、人口分布、交通需求等因素;在站点设置的时候,可以通过精确计算站点间距、优化换乘设计,提高乘客的出行效率和舒适度。

目前,地铁工程设计在城市规划控制上仍存在不足。一方面,一些地铁工程设计在前期规划阶段缺乏长远目光,造成后期运营中交通拥堵、换乘不便等问题;另一方面,由于城市规划控制过程涉及众多部门,协调难度大,地铁规划实施效果并不尽如人意。

综上,本文提出以下建议:①充分考虑城市发展的长远需求,确保地铁建设与城市发展战略相协调,加强地铁工程设计中城市规划控制的前瞻性和科学性;②健全城市规划控制的协调机制,加强各部门之间的沟通协作,提高城市规划控制的实施效率;③引入先进的城市规划控制技术和方法,借鉴国内外先进经验,使地铁系统的整体效能不断提升。

地铁工程设计中的城市规划控制也面临着挑战和机遇。一方面,巨大挑战来自地铁工程系统的

复杂性和不确定性;另一方面,机遇来自数字化技术的不断发展,这为城市规划控制提供了更多的可能性和更大的创新空间。为确保交通系统的可持续发展,未来应充分利用新技术手段,加强大数据和人工智能的应用,以提升地铁工程设计中城市规划控制的精准度和效率。

参考文献

- [1] 沈景炎. 对城市轨道交通线网规划的认识、实践、再认识[J]. 城市轨道交通研究, 2018, 21(5): 16.
SHEN Jingyan. Understanding, practice and re-understanding of urban rail transit network planning[J]. Urban Mass Transit, 2018, 21(5): 16.
- [2] 丁树奎. “融合”——城市轨道交通发展的关键路径[J]. 城市轨道交通研究, 2024, 27(4): 彩12.
DING Shukui. 'Integration': Key path of urban rail transit development[J]. Urban Mass Transit, 2024, 27(4): C12.
- [3] 杨强. 简析城市地铁车站空间的综合利用[J]. 现代城市轨道交通, 2012(2): 75.
YANG Qiang. Brief analysis of urban metro station space utilization[J]. Modern Urban Transit, 2012(2): 75.
- [4] 赵玉珍. 海绵城市功能分区方法的研究[J]. 建设科技, 2018(14): 71.
ZHAO Yuzhen. Study on the zoning method and related indexes of the sponge City[J]. Construction Science and Technology, 2018(14): 71.
- [5] 刘帅. 绿色生态城市的规划建设研究[J]. 建筑技术开发, 2018, 45(12): 45.
LIU Shuai. Research on planning and construction of green ecological city[J]. Building Technology Development, 2018, 45

- (12): 45.
- [6] 冯蕾. 指标体系角度下控制性详细规划的弹性策略探析[J]. 中国高新区, 2017(12): 4.
FENG Lei. On the flexible strategy of regulatory detailed planning from the perspective of index system[J]. Science & Technology Industry Parks, 2017(12): 4.
- [7] 许剑峰. 基于政策法规体系下的城市形态研究[D]. 天津: 天津大学, 2010.
XU Jianfeng. Research on urban form based on policy and regulation system[D]. Tianjin: Tianjin University, 2010.
- [8] 令晓峰, 叶如宁. 城市规划控制与引导的新思路: 探索一种图则化的开放式规划控制体系[J]. 现代城市研究, 2007, 22(4): 17.
LING Xiaofeng, YE Runing. New thinking on control and guidance of planning [J]. Modern Urban Research, 2007, 22(4): 17.
- [9] 姚霁, 吴俊获, 何襄. 武汉城市轨道交通用地控制规划管理与实践[J]. 城市轨道交通研究, 2022, 25(4): 17.
YAO Fei, WU Jundi, HE Huan. Management and practice of Wuhan urban rail transit land use control and planning[J]. Urban Mass Transit, 2022, 25(4): 17.
- [10] 于艳强. 关于城市轨道交通用地规划与控制的思考[J]. 都市快轨交通, 2016, 29(1): 82.
YU Yanqiang. Reflection on land planning and control for urban rail transit[J]. Urban Rapid Rail Transit, 2016, 29(1): 82.
- [11] 王忠强, 陈必壮, 沈云樟, 等. 对上海城市轨道交通网络规划中环线和快线的思考[J]. 城市轨道交通研究, 2024, 27(12): 13.
WANG Zhongqiang, CHEN Bizhuang, SHEN Yunzhang, et al. Reflection on the circle line and express line in Shanghai urban rail transit network planning[J]. Urban Mass Transit, 2024, 27(12): 13.
- [12] 张欣. 深圳市西丽综合交通枢纽产站城一体化规划设计探索[J]. 城市轨道交通研究, 2023, 26(12): 1.
ZHANG Xin. Exploration on the integrated planning and design of production, station and city of Xili comprehensive transportation hub in Shenzhen[J]. Urban Mass Transit, 2023, 26(12): 1.
- [13] 郭莉, 徐旭晖, 殷嘉俊. 深圳城市轨道交通线网规划实施效果评估[J]. 城市轨道交通研究, 2023, 26(12): 160.
GUO Li, XU Xuhui, YIN Jiajun. Evaluation of Shenzhen urban rail transit line network planning implementation effect[J]. Urban Mass Transit, 2023, 26(12): 160.
- [14] 管娜娜, 邓沈熙, 谭月, 等. 成都市轨道交通规划控制标准和管控要求[J]. 城市轨道交通研究, 2023, 26(12): 195.
GUAN Nana, DENG Shenxu, TAN Yue, et al. Planning control standards and management requirements for Chengdu rail transit [J]. Urban Mass Transit, 2023, 26(12): 195.
- [15] 尚勇峰, 邵静静, 任伟强, 等. 石家庄轨道站点周边交通组织衔接优化研究[J]. 交通世界, 2022(23): 1.
SHANG Yongfeng, SHAO Jingjing, REN Weiqiang, et al. Research on optimization of traffic organization connection around Shijiazhuang rail station[J]. TranspoWorld, 2022(23): 1.
- [16] 肖睿珂, 刘恋, 张云路, 等. 基于CA-Markov与MSPA模型的城市绿色空间格局时空预测: 以北京海淀区为例[J]. 中国城市林业, 2021, 19(4): 17.
XIAO Ruike, LIU Lian, ZHANG Yunlu, et al. Spatio-temporal prediction of urban green spatial pattern based on CA-Markov and MSPA model: a case study of Haidian district in Beijing[J]. Journal of Chinese Urban Forestry, 2021, 19(4): 17.
- [17] 吴良镛. 人居环境科学导论[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2001: 125.
WU Liangyong. Introduction to sciences of human settlements [M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2001: 125.
- [18] 游俊雄. 中型城市地铁可持续发展策略研究: 以福建城市为例[J]. 物流科技, 2022, 45(7): 91.
YOU Junxiong. Study on sustainable development strategy of subway in medium-sized cities: a case study of Fujian Cities[J]. Logistics Sci-Tech, 2022, 45(7): 91.
- [19] 高玲玲, 丁亚楠. 我国城市轨道交通可持续发展问题及其优化路径探讨: 以深圳、广州、长沙三市为例[J]. 企业改革与管理, 2024(16): 143.
GAO Lingling, DING Yanan. Discussion on sustainable development of urban rail transit in China and its optimization path: taking Shenzhen, Guangzhou and Changsha as examples[J]. Enterprise Reform and Management, 2024(16): 143.
- [20] 李娟, 欧心泉. 关于促进新时期城市轨道交通可持续发展的几点思考[J]. 城市轨道交通研究, 2024, 27(7): 249.
LI Juan, OU Xinquan. Reflections on promoting urban rail transit sustainable development in new era [J]. Urban Mass Transit, 2024, 27(7): 249.
- [21] 赖艺欢, 张源, 王静, 等. 伦敦市郊铁路 Crossrail 规划建设运营经验及启示[J]. 现代城市轨道交通, 2022(5): 100.
LAI Yihuan, ZHANG Yuan, WANG Jing, et al. Experience and enlightenment of planning and operation of the Crossrail suburban railway in London[J]. Modern Urban Transit, 2022(5): 100.
- [22] 吕昌明. 西安市轨道交通环线的建设运营特征分析与规划建设[J]. 都市快轨交通, 2022, 35(4): 114.
LYU Changming. Construction and operation analysis and planning suggestions for Xi'an urban rail transit circle lines[J]. Urban Rapid Rail Transit, 2022, 35(4): 114.
- [23] 梁青槐, 林一泓, 王恒, 等. 国内外地铁线路改造案例剖析及启示[J]. 都市快轨交通, 2020, 33(5): 80.
LIANG Qinghuai, LIN Yihong, WANG Heng, et al. Cases study on and takeaways from the renovation of existing metro lines[J]. Urban Rapid Rail Transit, 2020, 33(5): 80.
- [24] 贾科, 李爱东, 王新线. 城市轨道交通智能建造技术发展趋势分析[J]. 现代城市轨道交通, 2021(6): 107.
JIA Ke, LI Aidong, WANG Xinxian. Analysis on development trend of intelligent construction technology for urban rail transit [J]. Modern Urban Transit, 2021(6): 107.

· 收稿日期:2024-11-26 修回日期:2025-02-25 出版日期:2025-07-10
Received:2024-11-26 Revised:2025-02-25 Published:2025-07-10
· 通信作者:陈振强,高级工程师,1025683947@qq.com
· ©《城市轨道交通研究》杂志社,开放获取 CC BY-NC-ND 协议
© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license