

# 关于上海市域铁路网络规划建设几点思考

冒 晨 刘纯洁

(上海久事(集团)有限公司, 200010, 上海)

**摘 要** [目的]近几年,在以都市圈、城市群为载体的新型城镇化背景下,上海市域铁路规划建设快速发展。为了更好地顺应发展要求,提出市域铁路规划建设发展建议。[方法]通过回顾上海市域铁路建设发展历程,总结了上海市域铁路在满足新型城镇化发展要求、多层次轨道交通融合、优化运营服务等方面的发展现状及特征;对照国家政策要求,指出上海市域铁路在进一步加强多层次网络融合、既有国铁利用、枢纽锚固、网络规划布局、线路规划落地等方面还存在的优化空间。[结果及结论]上海市域铁路发展要坚持“融合发展、时间最优、枢纽锚固”的理念,在具体线路方案上要结合需求、强化系统功能、优化铁路制式,选取关键的枢纽锚固点和对外衔接点打造融合示范站,进一步提高互联互通水平;对内融入城市发展、对外加强跨域衔接,进一步优化规划网络形态。同时,还要在既有国铁资源利用、运营管理融合、建设保障体系、智慧运维等方面积极创新,突破制度政策瓶颈,才能实现更高质量的发展目标。

**关键词** 市域铁路;四网融合;规划建设

**中图分类号** U239.5

**DOI:**10.16037/j.1007-869x.2024.12.001

## Insight on the Planning and Construction of Shanghai City Railway Network

MAO Chen, LIU Chunjie

(Shanghai Jiushi (Group) Co., Ltd., 200010, Shanghai, China)

**Abstract** [Objective] In recent years, pushed by new urbanization with metropolitan areas and urban clusters as carriers, the planning and construction of Shanghai city railway develop rapidly. In order to better comply with development requirements, suggestions for the planning and construction of city railways are proposed. [Method] By reviewing the development history of Shanghai city railways construction, current development status and characteristics of Shanghai city railway are summarized in terms of meeting the requirements of new urbanization development, multi-level rail transit integration, and operational service optimization. In comparison with national policy requirements, it is pointed out that there is still room for Shanghai city railway optimization in terms of further strengthening multi-level network integration, utilization of ex-

isting national railways, hub anchoring, network planning layout, and line planning implementation. [Result & Conclusion] The development of Shanghai city railways should adhere to the concept of "integrated development, optimal time, and hub anchoring". In terms of specific line schemes, it is necessary to combine needs, strengthen system functions, optimize railway standards, select key hub anchoring points and external connection points to create integrated demonstration stations, and further improve the level of interconnection; it is necessary to integrate into urban development internally, and strengthen cross-regional connections externally for the further optimization of planning network forms. To achieve higher-quality development goals, it is required to innovate actively in terms of revitalizing national railway resource utilization, integrating operation and management, constructing guarantee system, intelligent operation and maintenance, and breaking through institutional and policy bottlenecks.

**Key words** city railway; integration of four networks (mainline railways, intercity railways, suburban railways, and urban rail transit); planning and construction

## 1 上海市域铁路建设发展历程

早在 20 世纪 70 年代末至 80 年代,市域铁路曾在上海客运中占有相当大的比重,隶属中国国家铁路(以下简称“国铁”)系统的老沪杭铁路内环线、淞沪铁路、金山支线等都曾开行过郊区客运列车,市郊客运量占铁路全部客运量的 20% 以上,对市域经济发展起到了重要的作用。

20 世纪 90 年代至 21 世纪初,随着公路、地铁的快速发展,采用传统绿皮列车的市域铁路因旅客服务落后、沿线环境差等因素逐渐丧失竞争力,客运量大幅萎缩,市域铁路或改造、或关停。其中,比较有代表性的有:铁路内环线于 2000 年改造成地铁明珠线;金山支线于 2003 年停运等。

2010 年前后,为服务上海中心城区功能深化和部分职能向郊区转移,中国国家铁路集团有限公司

(原铁道部)、上海市人民政府共同对发展市域铁路开始新的探索。2008 年,利用新建浦东铁路开行上海南—芦潮港旅客列车,每天早、晚高峰时段各开行 1 对列车,旨在服务临港地区人员通勤,但由于客流效益不佳,于 2015 年关停。2012 年,由原金山支线改造而成的金山铁路建成运营,该线路在上海市政府、中国国家铁路集团有限公司(原铁道部)的长期支持下取得了一定意义上的成功,目前日均客流稳定在 3 万人次左右,被中华人民共和国国家发展和改革委员会(以下简称“国家发改委”)列入市域(郊)铁路第一批示范项目。

2020 年前后,随着中国城镇化进入以都市圈、城市群为载体的新阶段,长三角一体化上升为国家战略,国内铁路建设的重点由解决通道能力短缺转向解决结构性失衡问题。在多层次轨道交通融合发展的大背景下,市域铁路被赋予了新的功能和定位,上海市域铁路建设发展进入了“快车道”。以 2019 年 6 月机场联络线开工为标志的新一轮市域铁路网络建设至今,已有 5 条市域铁路约 300 km 线路开工建设,从 2024 年开始将逐步有线路投入运营,到 2028 年左右将初步形成网络。

## 2 本轮上海市域铁路网络规划建设情况

### 2.1 网络规划情况

中华人民共和国国务院《上海市城市总体规划(2017—2035)》(以下简称“《2035 总规》”)确立了本轮市域铁路规划网络基本形态,国家发改委、中华人民共和国交通运输部(以下简称“交通运输部”)等部委颁布的《长江三角洲地区交通运输更高质量一体化发展规划》《长江三角洲地区多层次轨道交通规划》对本轮网络做了有益补充。上海市域铁路属于轨道线网中的“市域线”层次,由利用权属属于国铁和新建市域铁路两部分组成。其中,利用权属为国铁的线路有 7 条约 422 km、新建市域铁路 14 条约 623 km,总规划里程约 1 045 km。

### 2.2 项目建设情况

近期建设项目由上海市域铁路机场联络线、上海市域铁路嘉闵线、上海市域铁路南汇支线、上海市域铁路示范区线、上海市域铁路南枫线、上海市域铁路嘉闵线北延伸段、上海市域铁路奉贤线、上海市域铁路机场联络线南站支线、上海市域铁路金山至平湖线等 9 条线路组成,总里程约 360 km。其中,5 条线路,约 286 km 里程,已进入建设实施阶

段,其余 4 条线路处于前期方案研究阶段。

### 2.3 本轮市域铁路规划建设特征

与早期市域铁路相比,上海本轮市域铁路规划建设顶层设计起点高,在顺应新型城镇化要求、加强多层次轨道交通融合、优化运营服务等方面都有系统性的考虑。

#### 2.3.1 跨域统筹,近沪衔接,一体化程度高

本轮建设的市域铁路在规划布局、技术标准、跨域运营等方面均考虑了与近沪城市相关线路的对接需求及与长三角城市的联系。如嘉闵线北延伸段与苏州经无锡至常州城际铁路,上海示范区线与嘉善至西塘线、水乡旅游线,上海市域南枫线与嘉兴至枫南线等,均实现了物理通道贯通、技术标准兼容,并在考虑各自客流的基础上制定列车跨省开行和运营组织方案。

#### 2.3.2 互联互通,资源共享,运输效率高

上海市域铁路选择与国铁干线、都市圈城际铁路制式统一,具备互联互通和网络化运营的条件。本轮市域铁路规划建设有 11 座车站在实施过程中同步建设或预留了互联互通条件(见图 1),未来可开行跨线列车,组织灵活多样的运输交路,实现网络供需均衡,提升客流直达性,增强客流吸引力(见图 2)。同时,各线路通过互联互通实现车辆基地资源共享。



图 1 本轮市域铁路规划建设互联互通车站节点示意图  
Fig. 1 Schematic diagram of interconnection station nodes in this round of city railway planning and construction



图2 本轮市域铁路规划网络化运营示意图

Fig. 2 Schematic diagram of networked operations in this round of city railway planning

### 2.3.3 新建为主,标准统一,服务水平高

本轮市域铁路均为新线建设,所有线路采用统一的技术标准:设计速度为 160 km/h、车辆类型为市域动车组、牵引供电为 AC 25 kV、列控方式为 CTCS-2 + ATO(中国列车运控 2 级 + 列车自动驾驶)、调度指挥方式为集中调度等。运输组织按照“高密度、公交化”的服务标准,最小行车间隔可做到 3 min 甚至更短,站间距原则上不少于 3 km,保证较高的旅行速度。运行模式采用大站车与站站停列车组合,既有利于实现快速运输功能,又避免了车站服务覆盖不足的问题,满足不同类型人员的出行需求。

#### 2.3.4 建运分离,优势互补,运营效益高

目前,上海新建市域铁路分别由不同公司承担建设和运营工作。该方案有利于充分发挥建设、运营板块各自的优势和经验,也有利于市域线路与邻近省市进行市场化、契约化合作建设省市互通的轨道交通网络。同时,本轮市域铁路建设同步推进了申昆路、马东、青浦新城南等动车运用所的上盖综合开发,产生收益将反哺市域铁路建设。

### 3 存在问题分析

对照《关于促进市域(郊)铁路发展的指导意见》《关于培育发展现代化都市圈的指导意见》《关于推动都市圈市域(郊)铁路加快发展的意见》等文件,上海市域铁路规划建设仍存在问题。

### 3.1 网络融合存在差距

国家政策要求干线铁路、城际铁路、市域铁路

及城市轨道交通四网融合。市域铁路网是四网中承上启下的重要一环,向上要与国铁干线、城际铁路融合,向下要与城市轨道交通融合。与东京等城市的通勤铁路与地铁、干线铁路甚至有轨电车都能贯通运营相比,上海市域铁路与其他层次,特别是城市轨道交通、中低运量公共交通在网络中的融合程度不够。同时,运营管理、票务融合方面也有许多亟待解决的问题。

### 3.2 国铁利用推进缓慢

国家政策要求通过既有铁路补强、局部线路改扩建等方式,扩大国铁服务城市交通的供给能力。上海市域铁路网络规划中有5条利用既有国铁的线路,而本轮建设项目全部是新建线路,新增投资大。除已投入运营的金山铁路外,其余对既有国铁的改造利用,因建设运营机制不明确、货运布局和方式调整缓慢、沿线权属单位搬迁困难等问题,推进缓慢。

### 3.3 枢纽锚固有待加强

自《2035 总规》批复以来,上海又增加了长三角一体化示范区、临港新片区、虹桥国际开放枢纽、东方枢纽国际商务合作区等一批新的重点发展区域。面对新的发展形势和要求,市域铁路网络要以空间协同和系统提升为策略,进一步加强重点区域枢纽锚固,优化网络布局,提高网络服务效率,增强综合效益。

### 3.4 规划落地不够理想

市域铁路建设方案的线路长度、设站间距、敷设方式、沿线人口岗位密度、客流强度、工程投资造价等都有明确的标准。但受各方面因素的影响,实施过程中规划理念难以完全落地,出现了部分线路地下段长度超过控制要求、个别线路站点过密等情况。

#### 4 上海市域铁路网络规划建设建议

#### 4.1 优化发展理念

#### 4.1.1 进一步强化融合发展理念

在四网融合的基础上,进一步强化市域铁路与中运量公共交通的整合,形成一张高铁、城际铁路、市域铁路、地铁和中运量公交等多种交通制式融合发展的公共交通网,着力落实一网多模、规划统筹、功能清晰、层次分明、换乘便捷、票制相通等要求。不同制式的公交系统提供了与之服务目标相匹配的旅行速度和服务能力(见图3),以不同群体出行



者需求为导向,通过通道贯通、标准统一、安检互信、信息共享等方式,转变传统的运营组织和服务模式,

实现系统间的互联互通或高效换乘,为乘客提供高效、便捷、可靠、多层次、一体化的公共交通服务。

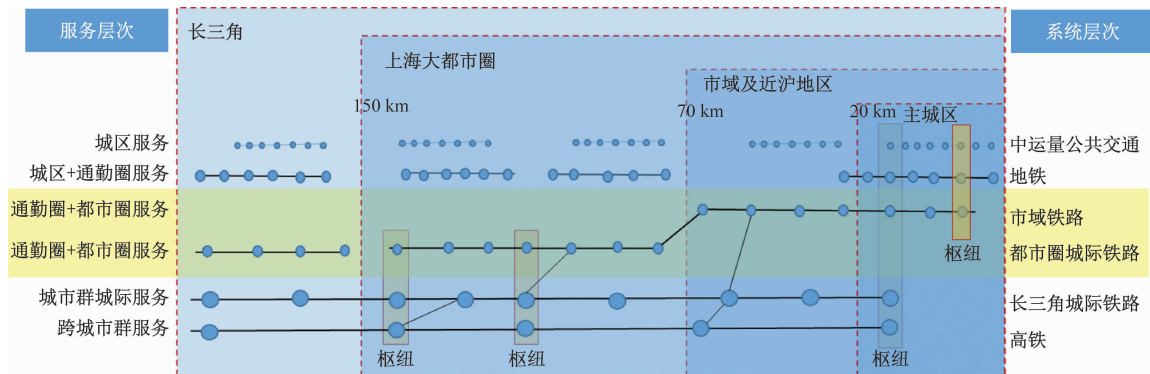


图3 不同层次公交系统服务功能示意图

Fig. 3 Schematic diagram of service functions of public transportation systems at different levels

#### 4.1.2 进一步强调时间最优理念

近几年,上海铁路旅客发送量已占长三角地区16个城市铁路旅客发送总量的30%以上,上海对外客流的75%在长三角范围。近沪地区已形成比较明显的跨城通勤走廊,城际通勤群体规模约9万人<sup>[1]</sup>。以上海为目的,由市域铁路、都市圈城际铁路共同承担的1 h高频度联系和3 h规律性移动将成为主要客流出行形式<sup>[2]</sup>。但由于资源配置不平衡,对应的交通等时圈呈“圈层+飞地”特征,并未有效覆盖全部重要节点和功能溢出区域,容易出现到站时间大于在途时间的倒挂现象<sup>[3]</sup>。因此,规划网络要统筹长三角与市域范围内重要的城镇节点,进一步强化“门到门”的时间距离概念。

#### 4.1.3 进一步优化枢纽锚固理念

“枢纽锚固”是上海轨道线网规划的基本理念,原城市总规明确的“四主三辅”铁路客站,以及18座三线及以上大型地铁换乘站是上轮地铁网络编织的锚固点<sup>[4]</sup>。随着多模式轨道网络的发展,《2035总规》构建了国际(含国家)、区域、城市三级约20余座对外枢纽及市域枢纽(见表1)。这些枢纽应进一步增加干线铁路列车停靠班次,强化多层次轨道交通衔接,整合各类公共交通资源,进而稳定线网结构、提高全网运行效率和服务水平。同时,枢纽地区要引入商业、商务、生活服务高度复合的城市功能,使交通枢纽同时也能够成为城市公共活动中心,促进交通和城市开发协调发展。

表1 上海各级轨道交通枢纽体系规划布局表

Tab. 1 Planning and layout table of Shanghai rail transit hub system at all levels

等级	枢纽名称	功能定位
国际(国家)级	虹桥枢纽、东方枢纽	面向全球、服务全国,是国家干线铁路枢纽站点,且空港与铁路紧密衔接
区域级	上海站枢纽、上海南站枢纽、四团枢纽	承担部分跨城市群的客货交通联系、长三角城市群主要城市间的中长距离城际交通与市内集散交通的衔接功能
城市级	上海西站枢纽、杨行枢纽、安亭北枢纽、嘉定东枢纽、松江南枢纽、奉贤枢纽、青浦枢纽、南汇枢纽等	辅助中长距离城际交通出行,作为市域线接入上海市的转换节点,承担主城区、城镇圈与长三角区域城际交通的衔接功能,侧重于对外辐射
	莘庄枢纽、三林南枢纽、迪士尼枢纽等	辅助中长距离城际交通出行,作为市域线接入主城区的转换节点,承担主城区、城镇圈与长三角区域城际交通的衔接功能,侧重于客流集散

## 4.2 完善网络规划

### 4.2.1 强化系统功能,优化铁路制式

《2035总规》对市域线的功能定位为:服务于新

城与主城区、新城之间、上海与近沪城镇间的快速、中长距离联系,并兼顾主要新市镇。考虑到城际铁路、市域铁路、城市轨道交通快线3种制式都能实现

上述功能,规划保留了3种制式都可实施的可能性。

目前,市域线路选择市域铁路制式,并与城际铁路联通运营。城市轨道交通快线制式虽在长三角互联方面存在不足,但车站规模小、造价和风险低的特点,更容易深入中心城区。因此,要根据地区规划、主要客流出行方向、客流规模及线路的衔接需求选择合理的系统制式。对采用市域铁路制式的市域线,要在车站站型、敷设方式、到发线长度等方面进行优化,进一步降低投资、强化功能。

#### 4.2.2 提升联通水平,打造融合示范

上海市域铁路跨线运营主要有3种方式:①市域铁路与国铁互联互通;②市域铁路内部互联互通;③与近沪都市圈城际铁路互联互通。互联互通的方式也有3种:①通过车站合场设置实现;②在邻近车站引出联络线;③线路直连直通。

互联互通节点都属于网络中的枢纽锚固站和对外衔接站,应在车站规划建设中,针对不同的互联互通类型,统一标准、深化方案、合理安排建设时序,打造融合示范。①国铁轴线上的重要车站(如松江南站、安亭站、莘庄站、南翔站等),实现国铁与市域铁路的跨线运营;②市域铁路网络形态上形成两个组合环线,环形转换车站(如嘉定东站、迪士尼站、朱泾站、滴水湖站等)应实现不同市域铁路之间的贯通运营;③市域环线与射线的衔接车站,当车站换乘客流超过1.5万人次/d时,应实现不同市域铁路之间的贯通运营(见图4)。上述互联互通一般推荐车站合场方式,对于确实没有车站合场条件的,应提前做好联络线的用地规划控制。

与近沪都市圈城际铁路的互联互通采用直连直通形式,宜在省域交界处设置折返线,增加开行市域铁路内部小交路的灵活性。此外,针对一些市域铁路与地铁客流过大的接轨站,在工程条件允许的情况下,可以探索搭载两套信号设备的双流车贯通运营。

#### 4.2.3 加强跨域衔接,促进区域协同

为了充分发挥市域铁路对长三角的辐射和服务,建议网络规划进一步加强市域铁路与近沪都市圈城际网的衔接,具体有:新沪崇线接南通规划城际线路;新沪通线接沿江都市快线;宝嘉线接苏锡常快线;嘉青松金线北接虞昆太城际、南接沪甬铁路;苏淀沪线接吴江支线、嘉青松金线;示范区线接水乡旅游线、嘉善至西塘线;南枫线接枫南线;金山至平湖线接浦东铁路(见图5)。



图4 国铁及市域铁路内部互联互通重点枢纽示意图

Fig. 4 Schematic diagram of key hubs for interconnection between national railways and city railways



图5 近沪都市圈城际网络衔接示意图

Fig. 5 Schematic diagram of intercity network connection near Shanghai metropolitan area

#### 4.2.4 优化网络形态,融入城市发展

市域铁路放射线路基本止于主城区环外,以中心城为目的地的城际、市域客流不能直接到达,影响网络运行效率。因此,建议有条件的市域铁路尽



量向内延伸至中心城区,实现与市区线网的多点多线换乘,具体有:上海市域铁路示范区线向东通过铁路外环线接入京沪线上海西站、上海站;金山支线过上海南站后沿轨道通道继续向北接入徐汇区万体馆区域;奉贤线过三林南站后向北接入前滩东方体育中心区域;新沪崇线争取接入上海站(见图6)。

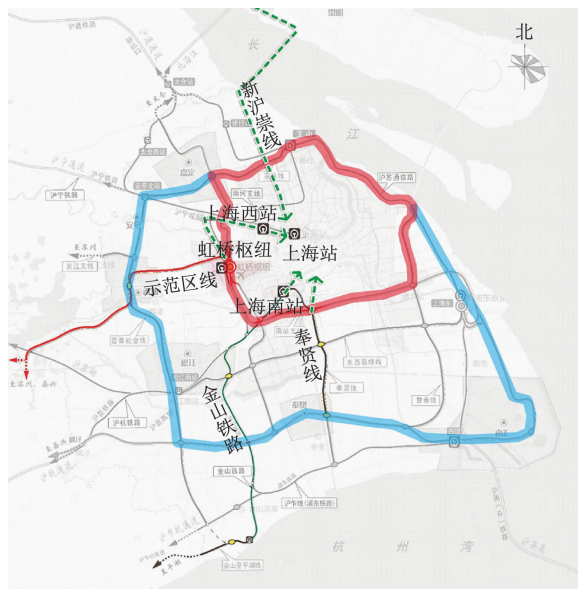


图6 延伸至中心城区的市域铁路示意图

Fig.6 Schematic diagram of city railways extending to the central urban area

### 4.3 加强制度融合与创新

#### 4.3.1 加速铁路资源利用,高效发展

上海国铁运营里程为482 km,包括6条干线、8条支线及38个各类营业站。其中,京沪线、沪昆线、南何线及其支线、浦东线和金山线适合发展市域铁路,杨浦、桃浦、北郊等若干场站也有改造开发的迫切需求。其他省市在利用既有铁路服务市域旅客运输、既有场站开发方面已探索出不同的发展模式。下阶段,应对既有国铁利用的建设运营机制积极创新,合理划分责权利,充分发挥路地双方优势,高效利用既有国铁资源。

#### 4.3.2 加强运营管理融合,协调发展

四网融合既是网络和枢纽基础设施的融合,也是运营服务的融合<sup>[5]</sup>。市域铁路在规划设计阶段需提前考虑运营管理和票务融合:①统一旅客服务标准,减少重复安检,使乘客感受没有差别;②运营调度集成化,各系统实时运营信息共享,实现列车运行计划动态调整、精准控制和有序调度;③创新

票务系统,开发并推广统一的互联互通票务云平台,支持多种支付方式,实现不同轨道交通制式间一票通行;④建立公平合理的票款清分和安全管理体系,确保各方利益平衡,同时加强信息安全体系建设,确保票务数据安全可靠。

#### 4.3.3 完善建设保障体系,规范发展

进一步完善和规范市域铁路规划及项目审批机制,加强项目立项的科学性和合理性。在项目实施推进中,提高前期工作深度,以技术经济最优为原则制定建设方案,加强政府部门间的协同配合,建立跨部门的推进机制,统筹调配土地、河湖、绿地、林地、安置房源等资源性指标,并进一步简化手续、优化流程,确保市域铁路项目快速审批和有序建设。

#### 4.3.4 开展智慧运维示范,韧性发展

按照新质生产力的要求,对市域铁路建立全面的IoT(物联网)感知网络,大力推进远程监控和无人巡检;针对轨道、车辆、信号、供电等设备实施全生命周期管理;构建大数据平台,以数据驱动为核心进行分析、预测、诊断与决策,及时发现潜在的故障隐患,完善市域铁路劣化预警状态修<sup>[6]</sup>、正线停车等运营管理机制,有效延长设施设备使用寿命。通过以上措施,提升运营安全可靠度与服务水平,切实提高市域铁路的发展韧性。

## 5 结语

上海市域铁路已经进入快速发展阶段。在四网融合的大背景下,上海市域铁路要坚持“融合发展、时间最优、枢纽锚固”理念,明确系统功能,在网络规划上进一步提高互联互通水平,对外加强与长三角都市圈城际线路衔接、对内线路延至中心区域,并加强建设、运营各方面的制度创新,才能实现更高质量发展的要求。

## 参考文献

- [1] 陈欢,吴钰.长三角城市群交通出行特征演变及发展建议[C]//绿色·智慧·融合——2021年中国城市交通规划年会论文集.北京:中国建筑工业出版社,2021:3062.  
CHEN Huan, WU Jue. Evolution and development suggestions of transportation characteristics in the Yangtze River Delta urban agglomeration[C]//Green, Smart, Integrated—Proceedings of the 2021 China Urban Transportation Planning Annual Conference. Beijing: China Architecture & Building Press, 2021:3062.

(下转第31页)

隙水压力演化,这也是地层变形时间效应的内在机制。

## 参考文献

- [1] 邹金杰,陈钢,甘鹏路,等. 富水软弱地层中浅埋暗挖隧道施工地表沉降分析:以杭州紫之隧道为例[J]. 隧道建设, 2017, 37(2): 141.  
ZOU Jinjie, CHEN Gang, GAN Penglu, et al. Analysis of ground surface settlements induced by construction of shallow-covered mined tunnel in water-rich and soft-weak strata: a case study of Zizhi Tunnel in Hangzhou[J]. Tunnel Construction, 2017, 37(2): 141.
- [2] 李明,严松宏,潘春阳,等. 富水大断面黄土隧道开挖流固耦合效应分析[J]. 现代隧道技术, 2019, 56(4): 81.  
LI Ming, YAN Songhong, PAN Chunyang, et al. Analysis of fluid-solid coupling effect during excavation of the water-rich large-section loess tunnel[J]. Modern Tunnelling Technology, 2019, 56(4): 81.
- [3] 周子莲. 松花江富水砂层过江隧道盾构施工力学研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2019.  
ZHOU Zilian. Study on shield construction mechanics of Songhua River water-rich sand layer river-crossing tunnel[D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2019.
- [4] 易小明,张顶立,陈铁林. 厦门海底隧道地层变形监测与机制分析[J]. 岩石力学与工程学报, 2007, 26(11): 2302.  
YI Xiaoming, ZHANG Dingli, CHEN Tielin. Stratum deformation monitoring and mechanism analysis of Xiamen subsea tunnel[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2007, 26(11): 2302.
- [5] XIONG Y L. Thermo-hydraulic-mechanical-air coupling finite element analysis and its application to geotechnical engineering problems[D]. Nagoya: Nagoya Institute of Technology, 2013.
- [6] ZHANG F, XIONG Y, ZHANG S, et al. Thermo-hydro-mechan-

ical-air coupling finite element method and its application to multi-phase problems[J]. Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering, 2014, 6(2): 77.

- [7] HASHIGUCHI K, UENO M. Elasto-plastic constitutive laws for granular materials[C]//Proceedings of the 9th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering. Tokyo: Japanese Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering, 1977: 73.
- [8] HASHIGUCHI K. Subloading surface model in unconventional plasticity[J]. International Journal of Solids and Structures, 1989, 25(8): 917.
- [9] 张锋. 计算土力学[M]. 北京: 人民交通出版社, 2007: 40.  
ZHANG Feng. Computational soil mechanics[M]. Beijing: China Communications Press, 2007: 40.
- [10] OKA F, YASHIMA A, SHIBATA T, et al. FEM-FDM coupled liquefaction analysis of a porous soil using an elasto-plastic model[J]. Applied Scientific Research, 1994, 52(3): 209.
- [11] LU Y, JIANG Y, ZHU W, et al. Unified description of different soils based on the superloading and subloading concepts[J]. Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering, 2023, 15(1): 239.
- [12] MAIR R J, TAYLOR R N. Bored tunnelling in the urban environment[C]//The 14th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering. Hamburg: Balkema, 1997: 2353.

• 收稿日期:2022-10-23 修回日期:2022-11-23 出版日期:2024-12-10  
Received:2022-10-23 Revised:2022-11-23 Published:2024-12-10  
• 第一作者:李亮,硕士研究生, liliang01234@126.com  
通信作者:陆勇,讲师, cumtluyong@163.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

## (上接第6页)

- [2] 陈小鸿,刘迁,何志工,等. 城市轨道交通快线规划与建设:中国城市发展论坛第22次研讨会[J]. 城市交通, 2019, 17(4): 114.  
CHEN Xiaohong, LIU Qian, HE Zhigong, et al. Express rail transit planning and construction: highlight of the 22nd urban transportation development forum in China[J]. Urban Transport of China, 2019, 17(4): 114.
- [3] 钮心毅,岳雨峰,李凯克. 长三角城市群中心城市与周边城市的城际出行特征研究[J]. 上海城市规划, 2020(4): 1.  
NIU Xinyi, YUE Yufeng, LI Kaike. Inter-city travel characteristics between central and surrounding cities in the Yangtze River Delta urban agglomerations[J]. Shanghai Urban Planning Review, 2020(4): 1.
- [4] 刘纯洁,于宁. 世纪大道换乘枢纽的建设和管理[J]. 中国市政工程, 2009(5): 48.  
LIU Chunjie, YU Ning. On construction and management of Central Ave. Station transfer hub[J]. China Municipal Engineering, 2009(5): 48.

- [5] 蔡润林,何兆阳,杨敏明. 轨道交通四网融合的发展需求、内涵和路径:以长三角城市群为例[J]. 城市交通, 2022, 20(5): 13.  
CAI Runlin, HE Zhaoyang, YANG Minming. Development demand, connotation and path of four-network integration of rail transit: a case study of Yangtze River Delta city cluster[J]. Urban Transport of China, 2022, 20(5): 13.
- [6] 刘纯洁. 上海智慧地铁的研究与实践[J]. 城市轨道交通研究, 2019, 22(6): 1.  
LIU Chunjie. Research and application of Shanghai smart metro[J]. Urban Mass Transit, 2019, 22(6): 1.

• 收稿日期:2024-03-27 修回日期:2024-06-11 出版日期:2024-12-10  
Received:2024-03-27 Revised:2024-06-11 Published:2024-12-10  
• 通信作者:冒晨,高级工程师, 75735310@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