

国土空间资源紧约束条件下上海市域铁路选线规划研究

Research on Suburban Railway Route Planning in Shanghai under Tight Constraints of Territorial Spatial Resources

潘茂林 张天畅 殷桂芬 PAN Maolin, ZHANG Tianchang, YIN Guifen

摘要 市域铁路是服务上海大都市圈快速、大运量城市轨道交通。在国土空间资源紧约束条件下,聚焦市域铁路选线规划策略、全要素资源统筹和车辆基地选址及综合开发策略等3方面内容。首先,从节点互联互通、设站密度、站点选址和规划标准体系等方面提出市域铁路选线规划策略。其次,基于控制性要素、基础设施廊道要素和自然资源要素等提出全要素资源统筹策略。最后,重点研究车辆基地周边站点选址和车辆基地选址及综合开发等相关内容。通过对选线规划的研究,提升站点对城市功能的服务效能,以期实现土地资源的节约集约利用,促进自然资源的有效保护。

Abstract The suburban railway is a rapid and high-capacity urban rail transit system serving the Shanghai metropolitan area. Given the constraints of limited land and spatial resources, this article focuses on three aspects: route selection planning strategies, comprehensive resource coordination, and the site selection and integrated development strategies of vehicle depots. Firstly, in terms of route selection planning, the emphasis is placed on studying node interconnectivity, station density, station site selection, planning standards and so forth. Secondly, in the aspects of comprehensive resource coordination, the focus is put on studying controlling factors, infrastructure corridor elements, and natural resource elements. Finally, in terms of site selection and integrated development of vehicle depots, the emphasis is put on studying station site selection around vehicle depots and the selection and integrated development of vehicle depots. Through the research on route selection planning, the aim is to enhance the efficient provision of urban functions by stations, achieve intensive and efficient use of land resources, and promote the effective protection of natural resources.

关键词 国土空间规划;市域铁路;选线规划;资源紧约束

Key words territorial spatial planning; suburban railway; route planning; tight resource constraints

文章编号 1673-8985 (2024) 06-0062-05 中图分类号 TU984 文献标志码 A

DOI 10.11982/j.supr.20240607

作者简介

潘茂林

上海市上规院城市规划设计有限公司
交通市政所副所长
高级工程师,硕士,378960083@qq.com

张天畅

上海市上规院城市规划设计有限公司
高级工程师,硕士

殷桂芬

上海市上规院城市规划设计有限公司
工程师,硕士

0 引言

2019年国家建立国土空间规划体系并监督实施,随着上海市城市总体规划的实施深化以及“三区三线”的划定,对上海市域铁路的选线规划提出了更高的要求^[1]。上海市域铁路作为市域网络的核心承载主体,规划建设目标是强化对未来上海城市空间发展布局的战

略引导,进一步提升公共交通出行效率,重点加强都市圈核心城市、新城及重要转型发展地区与主城区的快速、直接联系。

目前国内外的市域铁路选线规划研究主要分为两类:一类是聚焦单条线路,通过方案比选的分析论证过程,提出影响市域铁路选线的因素,主要包括城市规划、交通需求、土地利

用、工程可行性、工程造价等比选。另一类是针对整个城市的市域铁路网络布局,考虑客流预测、运营效率、服务覆盖、互联互通等多维度指标,构建数学模型和仿真平台,对线网布局进行优化研究。既有研究少有兼顾线路选线和车站选址、资源要素统筹和车辆基地综合开发的整个过程研究,因而缺乏对上海市域铁路选线要点的全面认知和指导。

市域铁路作为面向服务上海大都市圈的快速、大运量城市轨道交通,网络层面需要强化区域互联,站点层面需要尽可能地带动沿线地区开发,实现站城融合;为集约节约用地,车辆基地需要在开发边界内选址,并综合开发利用;在国土资源约束条件下,选线规划需要充分考虑廊道资源的统筹利用以及绿林水田等各类要素的综合平衡^[2-3]。

本文面向新时期市域铁路选线规划的新要求、新趋势,重点聚焦选线规划策略、全要素资源统筹策略和场站选址及开发策略。

1 选线规划策略

市域铁路选线规划是在网络规划阶段的总体线路走向、站点布设和车辆基地选址的基础上,聚焦详细规划层次,统筹考虑线路与城市交通市政设施廊道的关系;站点与沿线各组团城市空间的关系;节点与网络层面互联互通、资源共享的关系。在国土空间资源约束条件下,城镇开发边界、永久基本农田保护红线、生态保护红线等“三线”均已划定,市域铁路选线规划重点是发挥线路网络功能效益的最大化、城镇开发需求与系统功能实现的平衡,以及对永久基本农田和生态空间最大限度的保护。

市域铁路选线规划最重要的是确保市域铁路网络功能的实现,主要包括重要节点互联互通,实现网络化运营;合理确定设站密度,提供快速高效服务;优化站点选址位置,扩大直接辐射范围;深化规划标准体系,体现规划控制弹性。

1.1 重要节点互联互通,实现网络化运营

市域铁路相较于城市地铁主要的区别之一是面向都市圈和市域的网络化运营。上海市

轨道交通线网规划明确了市域铁路网络功能定位和网络格局,支撑重点地区、重要枢纽、综合性节点城市的对外服务功能,形成“双圈层+多枢纽”的网络形态(见图1),提高线网对客流需求的适应性^[4]。

市域铁路选线规划要按照轨道交通网络规划中的要求,在重要节点开展专题研究,保障市域铁路网络的互联互通和资源共享。从支撑城市发展的角度出发,论证节点在网络系统中的功能,结合客流需求、实施条件等深化论证节点的互联互通方案。

1.2 合理确定设站密度,提供快速高效服务

按照上海轨道交通规划的标准,轨道站点覆盖规划10万人以上的城镇,市域线覆盖规划50万人以上的新城和城镇。同时,为实现主城区、新城、核心镇、近沪城镇之间的快速联系,市域铁路需要合理确定设站密度,最小站间距原则上不小于3 km^[5]。

市域铁路选线规划过程中,沿线城镇对设站密度的诉求均较为强烈,需要统筹好沿线城镇开发需求与速度目标实现之间的平衡。在城镇空间范围内,设站密度与站点的直接辐射范围相关,不同的衔接方式对应的辐射范围也有较大差异。轨道交通站点一般以步行600 m可达作为直接辐射范围,统计上主城区和新城一般以600 m覆盖的居住人口和就业岗位作为轨道交通覆盖率评价指标。市域铁路作为面向都市圈的快速大运量轨道交通,站点的功能及相关配套设施能级高于地铁车站,直接辐射范围可以适当扩大。考虑新城和镇区,非机动车的出行比例相对较高,市域铁路站点的直接辐射范围可以扩大为1—2 km。

在具体设站方面,一般城镇站间距满足需求,城镇规划人口指标不达标,但城镇设站需求强烈,且存在较大转型发展空间的区域,选线规划中可以在高架段预留一定长度的直线段,为将来增设站点预留弹性空间。在特殊情况下,需要在高架段设置站点,但站间距不满足最小设站间距要求,车站需要设置越行线,可以间隔停靠,以满足市域铁路快速高效

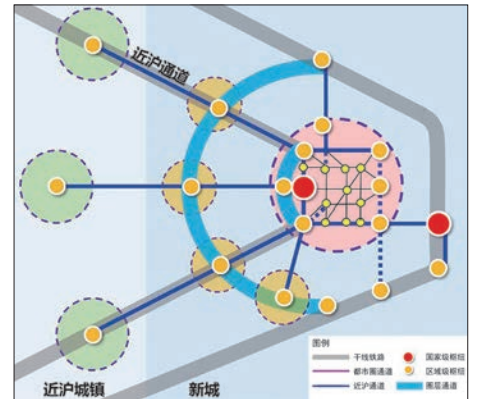


图1 上海市域线网络形态示意图

Fig.1 Shanghai municipal railway network form diagram

资料来源:上海市轨道交通线网规划(2017—2035)。

服务的要求。地下段受制于工程条件,不具备预留车站条件,同时考虑地下车站投资造价高,也不宜设置地下越行车站,因此原则上市域铁路的地下车站需满足最小设站间距要求。

1.3 优化站点选址位置,扩大直接辐射范围

在资源约束背景下,上海城市发展中国土地资源要素紧缺已成为常态,相应的轨道交通站点选址理念,也由最初的粗放型选址向紧密结合城镇重要功能转变。

以上海轨道交通9号线为例,线路开通初期沿线泗泾站、佘山站、洞泾站,以及松江大学城站周边的土地利用以农用地为主,轨道交通开通后,泗泾、佘山及松江大学城3站均逐步发展形成地区以居住和商业服务为主的功能节点,洞泾站周边发展相对滞后(见图2)。

随着资源约束成为制约发展的现实问题,以及上海市“三区三线”的划定,传统用地扩张式的发展模式已难以为继,轨道交通站点尤其是市域铁路站点选址更需要促进土地资源的节约集约和高质量利用。落实到具体站址选择上,需要结合城镇布设,尽量位于城镇开发边界以内或者紧邻城镇开发边界,以提高客流集聚率并充分发挥轨道交通作用,提高土地利用效率。同时,站点选址应尽量预留发展的弹性,周边有一定可拓展空间。站点选址如位于开发边界以外,一般该站点周边应有较为明确的远期发展意向(见图3)。

以上海市域铁路南枫线为例,南枫线共计设站14座(见图4),所有站址选择均位于城镇开发边界边缘或内部。与现状用地的关系方面,除奉贤新城和临港新片区范围内的3座站点位于成熟开发区内,大部分站点周边现状情况为已有一定的开发建设但尚有可发展利用空间,既能集聚现状城镇的人流客流,也为场站周边未来发展预留了弹性^[7]。

1.4 深化规划标准体系,体现规划控制弹性

为了做好轨道交通规划控制,在线网规划编制完成后,需要启动轨道交通设施用地的详细规划,即选线规划。选线规划按照上海的操作实践,可以划分为选线规划预控和选线专项规划。选线规划预控为规划系统内部控制,不对公众公开,而选线专项规划为法定规划,履行法定详细规划流程,向公众公开。

选线规划控制的目的是保障线路在落地实施阶段的方案可行性,同时预留局部微调的可能性,但规划控制范围也不宜过大,以免对

沿线土地开发产生较大影响。市域铁路地面和高架段的规划控制范围为区间及车站结构外边线两侧各30 m,地下段的规划控制范围为区间及车站结构外边线两侧各10 m。市域铁路地面和高架段的规划控制范围选取的依据是考虑与30 m环评保护线一致;地下段的规划控制范围选取的依据是结合工程安全保护间距的要求,一般是要求一倍盾构直径。市域铁路一般使用双洞双线,盾构直径一般为9 m左右,单洞双线的盾构直径一般为14 m左右。综合不同类型盾构直径的特点,地下段统一选取10 m作为规划控制范围。

2 全要素资源统筹策略

全要素资源统筹策略是在初步的选线方案基础上,面向实施层面,进一步校核与控制性规划要素、交通市政基础设施廊道以及自然资源分布的关系。考虑到市域铁路往往布局在中心城区外围,一般会涉及城镇空间、农业空间和生态空间的统筹,所以在国土空间资源紧

约束条件下,应确保市域铁路车站有效服务城镇空间,严格控制对生态保护红线的突破,尽量避免对永久基本农田的占用(见图5)。

2.1 严守控制性要素底线约束

控制性要素是对铁路选线方案具有“一票否决”的影响因素,主要包括生态保护红线、文物保护范围、历史保护建筑等。

生态保护红线是国家生态保护战略确定的重要生态功能区和生态系统保护区与修复核心区,是国家生态安全屏障建设中具有重要作用的区域,严格限制土地开发和利用。根据《上海市生态保护红线》(沪府发[2023]4号),上海市生态保护红线总面积2 527.30 km²,其中陆域面积130.05 km²,陆域生态保护红线主要是生物多样性维护红线和水源涵养红线(见图6)。

选线方案若涉及古文物和历史保护建筑,应严格遵循《中华人民共和国文物保护法》的有关规定。建设工程选址应当尽可能避开不可移动文物;因特殊情况不能避开的,对文物保护单位应当尽可能实施原址保护。根据管理要求,文物保护单位的周围会划出一定的建设控制地带,在文物保护单位的建设控制地带内进行建设工程,不得破坏文物保护单位的历史风貌;工程设计方案应当根据文物保护单位的级别,经相应的文物行政部门同意后,报城乡建设规划部门批准。

2.2 强化基础设施廊道要素统筹

在国土空间资源紧约束的发展背景下,重大交通市政基础设施往往会在同一个空间廊道上集约化布置。市域铁路选线应统筹考

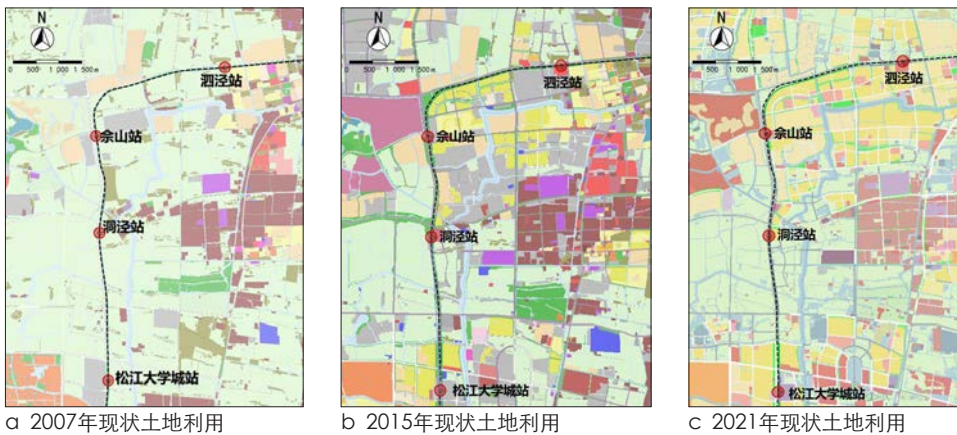


图2 轨交9号线松江段局部土地利用现状变化图
Fig.2 Change of local land use status in Songjiang section of Line 9

资料来源:笔者自绘。

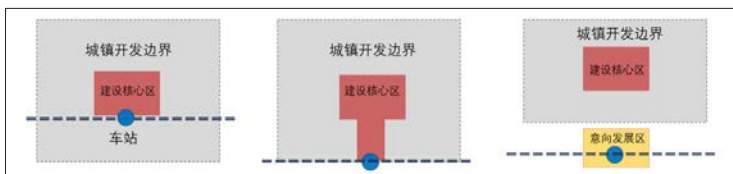


图3 市域铁路车站选址与城镇开发边界3种关系示意图
Fig.3 The three relationship diagram between the location of railway station and the boundary of urban development

资料来源:笔者自绘。



图4 南枫线线站位选址与城镇开发边界、现状用地关系示意图
Fig.4 Schematic diagram of the relationship between the site selection of Nanfeng Line station and urban development boundary and current land use

资料来源:笔者自绘。

沿沿线涉及的所有重大交通市政基础设施,如轨道、道路、航道、高压电力铁塔、高压燃气管、原水管,以及其他特殊管线,考虑到这些基础设施对于整个城市的运营安全和韧性保障具有重大影响,市域铁路选线应充分论证工程建设的影响范围,按照相关设施的控制要求尽可能进行原址保护。因特殊情况一定要对相关交通市政基础设施进行迁改的,应进行专题论证并征询权属单位和行业管理部门的意见。

2.3 控制自然资源要素空间占用

自然资源要素指的是铁路选线方案因永久征地而占用的林地资源、绿地资源、水体资源和耕地资源等,简称为“林绿水田”要素。上海市的自然资源类要素通常是由行业管理部门在地理信息系统上进行管控,市域铁路选线应调取沿线一定范围内的所有自然资源要素图斑,在不影响市域铁路主导功能的前提下,应尽可能地减少对“林绿水田”资源的占用总量,因特殊情况一定要占用的,应按照“功能补偿、占一补一、区域统筹”的原则编制占补平衡专题报告,并取得相关行业管理部门的行政审批意见。

①功能补偿:首先确保占用的自然资源所承担的生态功能不减弱,如基本农田功能、城市防护林功能、防汛除涝功能、楔形绿地功能等。

②占一补一:工程建设占用的自然资源要素应按照行业标准进行面积认定,用于补偿平衡的面积不得少于占用的面积。

③区域统筹:补偿平衡的地块应优先考虑在项目所在街镇区域内就近就地平衡,确实无法平衡的可考虑在更大行政区域内进行统筹平衡。

3 车辆基地选址及综合开发策略

在国土资源紧约束条件下,市域铁路车辆基地多选址于开发边界内,且原则上进行综合开发。由于市域铁路车辆基地选址位置相对较为偏远,如何更好地提升综合开发价值,需要重点研究车辆基地周边站点的选址和车辆基地自身的选址及综合开发策略。

3.1 车辆基地周边站点选址策略

在综合开发导向下,市域铁路车辆基地综合开发价值的提升,核心是需要有轨道站点的服务,如果没有轨道站点,开发的价值受影响程度相对较大。地铁的站间距相对较小,车辆基地的联络线一般是接入邻近站点,并在车辆基地附近设站。市域铁路的站间距相对较大,一般为3—5 km,由于联络线过长,经济性较差,对土地资源的占用量也较多,车辆基地周边的设站无法采用地铁的模式。

市域铁路车辆基地与站点的衔接关系一般有3种形式,分别为车站接轨、线路所接轨和车站灯泡线接轨(见图7)。①车站接轨:由于市域铁路站间距相对较大,只能利用接轨车站服务,车辆基地距离车站间距一般约1 000 m左右,车站对车辆基地开发的支撑相对较差。②线路所接轨:在车辆基地及邻近车站的上下游增设线路所,并通过线路所接轨。该类型车

辆基地与车站的结合度很好,但由于新增线路所,投资造价有一定程度提升,需要纳入车辆基地综合开发成本测算中。③车站灯泡线接轨:在车辆基地及邻近车站之间的联络线采用灯泡线的形式,该类型车辆基地与车站的结合度很好,但联络线对周边用地的切割很大,土地资源较为浪费,一般较少采用。

3.2 车辆基地选址与综合开发策略

市域铁路车辆基地具有占地面积较大的特征,对周边区域影响大。在传统的粗放发展



图5 全要素资源统筹示意图
Fig.5 Overall planning diagram of total factor resources
资料来源:笔者自绘。



图6 上海市生态保护红线分布示意图
Fig.6 Shanghai ecological protection red line distribution diagram
资料来源:《上海市生态保护红线》(沪府发〔2023〕4号)。

表1 交通市政基础设施廊道要素统筹一览表

Tab.1 Transportation and municipal infrastructure corridor elements

要素类型	控制目标	控制要求
轨道、道路设施	不影响毗邻或交叉的其他轨道交通和道路设施的正常运营	轨道交通参照《上海市轨道交通管理条例》，道路设施主要控制因素为净空、限界等强制性规范条文
水利、航道	不影响重大水利设施的正常运营,保障航道的通航要求	通航净空、通航净宽等
高压电力设施	控制铁塔倾覆不会破坏铁路设施	铁塔高度,加上3.1 m安全距离
高压燃气管	控制地下结构、桥梁桩基等对高压燃气管的安全运营影响	地下结构安全净距10 m以上
原水管	控制地下结构、桥梁桩基等对原水管的安全运营影响	钢管及其他新型材质管道:地下结构安全净距5 m以上;钢筋混凝土渠道:地下结构安全净距10 m以上
其他特殊管线	控制地下结构、桥梁桩基等对相关特殊管线的安全运营影响	参照对应管线的规范或保护条例

资料来源:笔者自制。

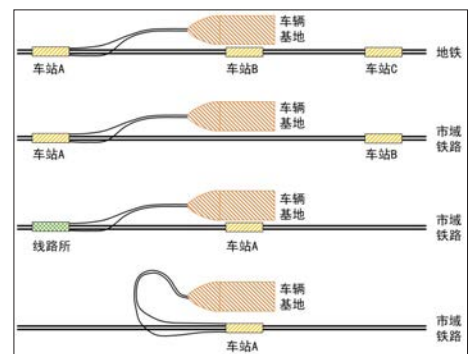


图7 市域铁路车辆基地与站点关系示意图
Fig.7 City railway vehicle base and station relationship diagram

资料来源:笔者自绘。

模式下,车辆基地大多以单一的交通设施用地单独设置于郊区,与周边区域相对独立。随着城市建设用地的不断扩张,车辆基地往往被居住社区或产业社区包围,一定程度上对城市功能形成了割裂。此外,车辆基地较为单一的功能也造成了城市土地资源的低效利用。

近年来,上海市车辆基地选址布局呈现由早先的主城区边缘靠内向主城区外围扩散布置的趋势。在资源紧约束的背景下,车辆基地选址仍需遵循3个基本原则。

其一,车辆基地选址应尽可能选址于城镇开发边界内。当前,上海市城镇开发边界已较为稳定,城镇开发边界以外主要包含农业空间、生态空间和村庄集中建设空间等。如选址于开发边界以外,由于车辆基地庞大的占地面积(20—40 hm²),势必会造成大量的生态空间或农业空间被占用,不利于生态和基本农田的保护。

其二,车辆基地选址应尽量与主城区边缘内主要核心地区相结合且注重开展综合开发,以提高城镇土地的利用价值。通过强化土地资源的共享,利用车辆基地上盖空间开发商业办公、居住休闲、产业研发等功能,并与周边区域规划导向有机融合,可带动周边区域的开发,提升城镇的土地利用效率。在综合开发业态的选择上,需要针对车辆基地单独开展规划研究。限于盖板成本较高(约1万元/m²),为了达到投资平衡,以往开发主体往往倾向于建设商品住宅;如车辆基地选址在区位相对偏远的地区,区域商品住宅价格普遍不高,难以实现资金的平衡,开发主体缺乏开发动力。因此,车

辆基地选址及综合开发必须与地区功能结合开展专项研究。

其三,车辆基地选址应避免对区域交通的过度影响,同时应提升地块本身的交通可达性。由于车辆基地普遍长度较长,选址布设时需要因地制宜,必要时可对相交的道路采取上跨、下穿等立体化建设措施,或者采取车辆基地地下化或半地下化等措施,在提升车辆基地可达性的同时也避免对城市道路系统的生硬阻隔。此外,车辆基地应尽可能结合设置轨道交通站点,直接服务车辆基地综合开发利用,提高综合开发利用公共交通服务水平。

4 结语

市域铁路选线规划的核心是在基于线路总体规划目标的基础上,明确总体功能定位,在考虑选线、资源和开发等多重因素的条件下,形成总体规划方案(见图8)。

市域铁路选线规划对于落实线网规划,保障线路实施具有重要意义。在国土资源紧约束条件下,科学合理的选线规划可以提升站点对城市功能的高效服务,实现土地资源的节约集约利用,促进自然资源的有效保护。本文研究的市域铁路选线规划、全要素资源统筹、车辆基地选址及综合开发等相关策略,后续可以结合相关实践进一步深化研究并检验其推广运用价值。



图8 市域铁路选线规划决策路径
Fig.8 Decision path for suburban railway line selection planning

资料来源:笔者自绘。

- [2] 国家发展改革委. 关于促进市域(郊)铁路发展的指导意见(发改基础[2017]1173号)[EB/OL]. (2017-06-20) [2024-01-16]. https://www.ndrc.gov.cn/fzggw/jgsj/zcs/sjdt/201706/t20170628_1145577.html. National Development and Reform Commission. Guiding opinions on promoting the development of urban (suburban) railways (development and reform foundation [2017] No. 1173) [EB/OL]. (2017-06-20) [2024-01-16]. https://www.ndrc.gov.cn/fzggw/jgsj/zcs/sjdt/201706/t20170628_1145577.html.
- [3] 国务院办公厅. 转发国家发展改革委等单位关于推动都市圈市域(郊)铁路加快发展意见的通知(国办函[2020]116号)[EB/OL]. (2020-12-17) [2024-01-16]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-12/17/content_5570364.htm. General Office of the State Council. Forwarding the National Development and Reform Commission and other units on promoting the development of urban (suburban) railway opinions notice (State Office Letter [2020]116)[EB/OL]. (2020-12-17)[2024-01-16]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-12/17/content_5570364.htm.
- [4] 上海市人民政府. 上海市城市总体规划(2017-2035年)[M]. 上海:上海科学技术出版社, 2020. Shanghai Municipal People's Government. Shanghai master plan (2017-2035)[M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 2020.
- [5] 上海市城市规划设计研究院. 上海市轨道交通线网规划(2017—2035)[R]. 2017. Shanghai Urban Planning and Design Research Institute. Shanghai rail transit network planning (2017-2035)[R]. 2017.
- [6] 熊健,孙娟,屠启宇,等. 都市圈国土空间规划编制研究:基于《上海大都市圈空间协同规划》的实践探索[J]. 上海城市规划, 2021(3): 1-7. XIONG Jian, SUN Juan, TU Qiyu, et al. Research on the compilation of metropolitan area territorial spatial planning: a practical exploration based on the *Spatial Collaborative Planning of Shanghai Metropolitan Area*[J]. Shanghai Urban Planning Review, 2021(3): 1-7.
- [7] 上海市城市规划设计研究院,上海市上规院城市规划设计有限公司. 上海市轨道交通南枫线选线专项规划[R]. 2023. Shanghai Urban Planning and Design Research Institute, Shanghai City Planning and Design Co., LTD. Shanghai rail transit Nanfeng line special planning[R]. 2023.
- [8] 上海市住房和城乡建设管理委员会. 轨道交通规划设计标准:DG/TJ 08-2325-2020[S]. 上海:同济大学出版社, 2020. Shanghai Municipal Commission of Housing and Urban Rural Development. Rail transit planning and design standards: DG/TJ 08-2325-2020[S]. Shanghai: Tongji University Press, 2020.

参考文献 References

- [1] 中共中央 国务院. 关于建立国土空间规划体系并监督实施的若干意见(中发[2019]16号)[EB/OL]. (2019-05-23) [2024-01-16]. https://www.gov.cn/gongbao/content/2019/content_5397679.htm. CPC Central Committee, State Council. Several opinions on the establishment of a territorial space planning system and supervision of its implementation (Zhongfa[2019]No.16)[EB/OL]. (2019-05-23)[2024-01-16]. https://www.gov.cn/gongbao/content/2019/content_5397679.htm.