

doi: 10.3969/j.issn.1672-6073.2024.06.020

伦敦市郊铁路 Crossrail 线路 投融资经验及启示

刘畅

(北京城建设计发展集团股份有限公司, 北京 100037)

摘要: 针对当前我国建设意愿与融资情况矛盾愈发激烈的问题, 采用案例研究法对伦敦市郊铁路的投融资模式进行研究。首先对市郊铁路 Crossrail 线路概况、开通历程、社会经济效益进行介绍, 其次重点分析探讨“央地共同出资+受益主体出资”模式中央地出资比例及金额、不同受益主体出资比例及金额, 最后从央地共担、吸引社会受益主体、以公共交通为导向的开发(transit-oriented development, TOD)一体化、吸引其他交通运输企业参与等方面归纳总结 Crossrail 线路投融资经验。研究成果以期为我国市郊铁路乃至整个城市轨道交通行业的投融资提供借鉴。

关键词: 伦敦市郊铁路; Crossrail; 投融资模式

中图分类号: U231

文献标志码: A

文章编号: 1672-6073(2024)06-0143-06

Crossrail Line Investment and Financing: Lessons from London

LIU Chang

(Beijing Urban Construction Design and Development Group Co., Ltd., Beijing 100037)

Abstract: Considering the contradiction between construction intentions and financing conditions in China, this study employs a case study method to examine the investment and financing model of the London suburban railway. First, this paper outlines the general overview, operational process, and social and economic benefits of the Crossrail suburban railway line. Next, it analyzes and discusses the proportions and amounts of investment from central and local governments, as well as the contributions from various beneficiary entities within the “co-investment by central and local governments+contributions by beneficiary entities” model. Finally, the investment and financing experience of Crossrail is summarized from the perspectives of central and local co-ownership, attracting social beneficiaries, Transit-Oriented Development (TOD)-Integrated Development, and attracting other transportation enterprises. The results of this study can provide reference for the investment and financing of suburban railway and the entire urban rail transit industry in China.

Keywords: London suburban railway; Crossrail; investment and financing mode

市域(郊)铁路是连接都市圈中心城市城区和周边城镇组团, 为通勤客流提供快速、大运力、公交化运输服务的轨道交通系统。伴随着中国的城镇化建设逐步迈入大都市区化的发展阶段, 北上广等一线城市和周边城镇组团的通勤压力不断加大, 也催生了对于市域(郊)铁路需求的不断提高。“十四五”规划《纲要》

明确指出加快市域(郊)铁路建设, 有序推进城市轨道交通发展^[1]。根据规划, “十四五”时期要新增城际铁路和市域(郊)铁路运营里程 3000 千米, 打造轨道上的城市群都市圈^[2]。2020 年发展改革委等多部门联合发布的《关于推动都市圈市域(郊)铁路加快发展意见》指出, 将创新市域(郊)铁路市场化投融资模式, 全面

收稿日期: 2024-02-21 修回日期: 2024-05-16

作者简介: 刘畅, 女, 硕士, 高级工程师, 主要从事城市轨道交通运营组织与管理、市郊铁路投建运模式研究, liuchang@bjucd.com
基金项目: 国家自然科学基金项目(72272010)

引用格式: 刘畅. 伦敦市郊铁路 Crossrail 线路投融资经验及启示[J]. 都市轨道交通, 2024, 37(6): 143-148.

LIU Chang. Crossrail line investment and financing: lessons from London[J]. Urban rapid rail transit, 2024, 37(6): 143-148.

放开市场准入,培育多元投资主体,支持城市政府与企业共同出资成立一体化投资主体,吸引包括民间资本、外资在内的社会资本参与投资建设和运营管理^[3]。然而当前我国经济发展中土地财政收入出现下降趋势,财政部 PPP 中心项目库暂停入库,地方建设意愿和国家政策支持表现出的热情与投融资窘境矛盾显著。在此情境下,探索出一套适用于今后发展形势的市郊铁路投融资理念至关重要。

近年来,针对市郊铁路投融资的话题,国内诸多学者开展了研究。市郊铁路具有准公益性、准公共产品、准经营性的特征。“准公益性”和“准公共产品”表明市郊铁路适合政府出资模式,而“准经营性”表明市郊铁路也可以采用市场化投融资模式,然而无论使用何种模式,市郊铁路依靠自身经营实现盈利都较为困难。如何确保市郊铁路投融资模式既能体现政府属性,又能引入市场主体,亦能实现市郊铁路投融资模式的可持续发展,是当前市郊铁路投融资模式的研究焦点。从项目整体层面而言,张泓等^[4-5]研究认为:城轨企业投资建设城市轨道交通带来了沿线土地和物业的增值,但这部分增值效益被外部化,城轨企业建立盈利与投融资模式的核心是通过政策支持将被外部化的内生效益还原为城轨企业的内部效益,据此提出了“地铁经营+效益返还”理论模式和“地铁经营+物业发展”的应用模式,探讨了城轨企业开发与经营轨道交通沿线物业的操作思路和操作流程,并以香港地铁的盈利与投融资模式为案例进行了实证分析。从现有文献调研来看,上述以“抓好企业内部经营管理”和“返还正外部性”双管齐下构建城轨企业盈利与投融资模式的理论思考,在全球范围内都是较早的。李凯薇等^[6]基于项目全生命周期理念建立了由“总体融资-初始融资-再融资”3个维度构成的市郊铁路投融资模式选择体系。从具体案例分析出发,韦小泉等^[7]通过对比分析印度和台州市郊铁路 PPP 项目,总结出有利于我国市郊铁路 PPP 模式发展的经验。丁建宇^[8]分析了温州市域铁路坚持“政府引导、市场化运作、多元化融资”理念形成的多元化投融资结构。

综上,当前针对市郊铁路投融资问题的研究可以概括为“基于可持续理念的模式构建”以及“基于实际案例的经验总结”两类。“基于可持续理念的模式构建”的相关研究如城轨沿线物业开发在我国各大城市已经付诸实践且较为普遍,但“基于实际案例的经验总结”大多以 PPP 模式为主,然而目前 PPP 模式遇冷

的困境将不利于我国市郊铁路的未来发展。在此背景下,总结、提炼国外市郊铁路投融资实践中不同于我国市郊铁路投融资的成功经验,为我国市郊铁路乃至整个城市轨道交通行业发展提供新案例、新思路、新理念至关重要。基于此,本文以横贯伦敦及周边卫星城的都市圈市郊铁路 Crossrail 线路为研究对象,在重点分析该线路投融资相关情况的基础上,获取相关经验,以期为我国市郊铁路投融资提供借鉴。

1 市郊铁路 Crossrail 概况

1.1 线路概况

Crossrail 线路由 Crossrail 有限公司交付使用,该线路从东部的申菲尔德和艾比伍德出发,全长 118 km,一直到西部的雷丁和希思罗机场,共有 41 座车站,其中包括 10 座主要的新车站^[9]。该线路连接伦敦的主要就业中心,并为从伦敦市中心到埃塞克斯、白金汉郡和伯克郡的交通出行提供了新的方式。该线路是伦敦交通网络的重要组成部分,与伦敦地铁、伦敦轻轨、伦敦地上铁和英国国家铁路等其他客运轨道交通均有交汇处。Crossrail 线路示意如图 1 所示^[10]。



图 1 Crossrail 线路示意
Figure 1 Crossrail line diagram

1.2 开通历程

Crossrail 线路的建设并非严格意义上按照一条线路来设计,而是经过多个阶段的多条线路分阶段开放再整合的结果,Crossrail 线路的开通历程见表 1。

1.3 社会与经济效益

据估计,Crossrail 线路全面开通后,将为伦敦市中心的铁路网络增加 10% 的运力,该项目的建设为市民提供了数万个工作岗位。Crossrail 线路 96% 的合同授予了英国境内的公司,对英国国内经济发展起到了促进作用;62% 的供应商为非伦敦地区供应商,有力地支撑了英国非首都地区的经济发展;一级供应商(和 Crossrail 线路签订供应合同的供应商)中有 62% 为中小企业,二级供应商(和一级供应商签订供应合同的供应商)的中小企业比例达到 72%,为中小企业发展提供了有力支撑,该线路预计使用寿命为 120 年,在未来百余

年的运营中预计可减少约 250 万 t 二氧化碳排放^[11]。

表 1 Crossrail 线路的开通历程
Table 1 Crossrail line opening history

时间	主要历程
2009 年 5 月 15 日	线路开始建设
2015~2017 年	第一阶段东部利物浦街主线至申菲尔德路线开通运营
2018 年	第二阶段西部希思罗机场至帕丁顿主线投入使用
2019 年	第三阶段西部雷丁至帕丁顿支线投入使用
2022 年 5 月 24 日	第四阶段帕丁顿到艾比伍德支线开通使用
2022 年 11 月 6 日	线路整合, 从雷丁、希思罗、申菲尔德和艾比伍德直达伦敦市中心的伊丽莎白线开始运营

2 市郊铁路 Crossrail 线路投融资机制

2.1 投融资前期历程

在 20 世纪 90 年代, Crossrail 初次推广遭遇失败, 跨伦敦铁路连接有限公司(Crossrail London Rail Links Ltd., CLRL)成立, 由英国运输部 DFT 的前身——战略铁路管理局(SRA)和伦敦交通局(TFL)各自出资 50% 组成。CLRL 聘请了美国银行作为财务顾问和阿舍斯特律师事务所作为法律顾问。时任运输大臣任命前英国国营铁路公司副董事长兼财政部首席执行官作为评估小组组长, 对美国银行和阿舍斯特律师事务所提出的方案进行评估。评估小组认为该方案中尽管需要融资 170 亿英镑但仍具性价比, 可是资金缺口极大, 采用传统的融资方案无法解决, 需要尽可能地缩减成本并创新投融资模式^[12]。

因此, CLRL 再次委托阿舍斯特律师事务所、苏格兰皇家银行、Marsh 保险公司共同编写了第二份融资方案, 该方案从最初的约 170 亿英镑缩减至约 150 亿英镑。2008 年 CLRL 的股权被全额转移给伦敦交通局, 伦敦交通局成立了专门的附属机构 Crossrail 有限责任公司(CRL)负责 Crossrail 线路的相关事宜。

2.2 投融资模式: 央地共同出资+受益主体出资

Crossrail 线路最终的投融资方案由中央与地方两大政府主体和多方利益相关者共同承担, 且承担的方式有所不同。

2.2.1 中央政府与地方政府共同出资

由于历史原因, 在英国的政治体制下, 政府由中央政府与地方政府共同构成, 中央政府将部分地方治理权下放至地方政府。在 Crossrail 投融资实践中, 中央政府和地方政府共同出资。首先, 英国运输部作为中央政府的代表出资 48 亿英镑, 伦敦交通局作为地方政府的代表出资 19 亿英镑并通过出售土地再融资 5.5 亿英镑^[13]。

在剩下的资金缺口中, Crossrail 的投融资方案充分发挥了“利益相关者”理念, 在该理念的指导下, 中央与地方政府认为 Crossrail 的受益方应当承担投融资的责任, 且潜在受益越多, 承担的责任也越大。

2.2.2 受益主体——沿线商业界: 商业利率补充与自愿捐赠

Crossrail 线路改善了现有的轨道交通格局, 将伦敦市运力提升了 10%, 预计可以将 150 万人到伦敦市中心的通勤时间压缩至 45 min 内, 从而产生聚集效应, 客流将会通过推动 Crossrail 的客流向沿线站点聚集。尤其是对于沿线商业零售企业而言, 为前往伦敦市中心和西区的客流提供更好的交通便利将会带来附加价值。经过官方初步测算, 伦敦商业界可以参与 Crossrail 投融资的额度大约在 20 亿~30 亿英镑之间, 但企业自愿捐赠无法达到这一规模^[13]。因此, 伦敦地方政府采用了商业利率补充作为重要的融资手段, 并广泛使用媒体力量呼吁, 只有伦敦商业界提供资金支持才能建成 Crossrail。该模式是一种基于土地价值的融资方法, 其本质是一种征税行为。在该模式下, 伦敦所有每年应税价值超过 55 000 英镑的房地产均要根据其应税价值缴纳 2% 的商业利率补充, 应税价值代表商业或非住宅房地产的公开市场年租金价值^[13]。例如, 一个应税价值为 20 万英镑的商业或非住宅房地产需要缴纳 4 000 英镑(200 000×2%)的商业利率补充。55 000 英镑的门槛确保了较小的商业或非住宅房地产可以不被征税, 而负担将落在大型企业身上, 保护了中小企业的利益。据估计, 伦敦有 46 468 套房产需要缴纳商业利率补充, 而 46 468 套房产中有 68% 位于内伦敦区, 其他 32% 位于外伦敦区。平均来说, 内伦敦区 20.6% 的商业或非住宅物业需要缴纳商业利率补充, 而外伦敦区的比例只有 11.7%。经过测算, 商业利率补充总共产生约 41 亿英镑的融资^[14]。此外, 伦敦企业自愿捐赠 1 亿英镑用于 Crossrail 线路建设。

2.2.3 受益主体——沿线房地产开发商出资

轨道交通的开通会对沿线房地产产生溢价效应。对于 Crossrail 而言, 无论是现有的还是潜在的房地产开发商, 都将从线路附近土地和房地产的升值中获得丰厚的收益。特别是金丝雀码头集团和伯克利集团, 前者是港区金丝雀码头地产的所有者, 后者是伍尔维奇阿森纳地产的所有者, 这两家公司的发展潜力都将因铁路建设而大幅提升。金丝雀码头集团在早期即呼吁修建 Crossrail 线路, 他们首先同意在金丝雀码头建

造市郊铁路车站,并承担1.5亿英镑的建设费用。作为回报,政府授予金丝雀码头集团在车站开发零售业和休闲业的权利。伍尔维奇站最初因成本问题而无法修建,因为其无法使用泰晤士河下的隧道,而且该车站的修建可能会分走该区域其他轨道交通的客流。但后来伍尔维奇地产的拥有者伯克利集团出资修建伍尔维奇站以支持周边房地产的发展。据统计,两家房地产开发商共计出资3亿英镑^[13]。

2.2.4 受益主体——其他交通模式:希思罗机场

通往希思罗机场的便利公共交通是该机场能够快速发展的重要因素。乘坐便利的公共交通前往机场不仅可以减少出行者的金钱成本,还可以降低时间成本,促进机场能够收获更多的客流,从而增加收入。Crossrail线路西段的一条支线引入到希思罗机场中心航站楼,可以提高通往希思罗机场的效率,提升希思罗机场快线服务的运力,在未来预计将会吸引更多的旅客,产生更多的收益。因此,希思罗机场控股有限公司承诺为该项目捐款7000万英镑^[13]。

2.2.5 受益主体——沿线社区与伦敦金融城

根据英国1990年制定的《城乡规划法》的规定,在进行商业开发规划的过程中,开发商需要以该法案第106条的内容与政府签订协议,协议要求商业开发商在将来要对重要社会基础设施进行资金支持^[13],而Crossrail线路的建设可以带动整个伦敦的发展,符合重要社会基础设施的范畴。因此伦敦地方当局可以向商业和私人住宅开发项目征收额外的税费,与商业利率补充一样,这些资金将被用于支持Crossrail项目建设,共计3亿英镑。

此外,伦敦金融城是位于英国伦敦中心市区的专业金融商业区并由自治政府管辖。考虑到Crossrail线路的影响,伦敦金融城由自治政府承诺将在伦敦金融城组织捐款2.5亿英镑用于Crossrail线路建设。

2.2.6 受益主体——英国路网公司

Crossrail线路在市区的部分主要依靠新建,而线路在市郊部分很大程度上使用了由英国路网公司(Network Rail)控制的线路。英国路网公司隶属于英国交通运输部,是一家国有民营公共企业,负责管理英国铁路的线路、车站等基础设施。英国路网公司最初计划修建一条与Crossrail具有极高相似性的东西向的市郊铁路,但后来选择修建南北向的市郊铁路。由于Crossrail在市区新建线路盘活了最初由英国路网公司控制的市郊线路,新建线与既有线的结合发挥了“1+1>2”的效果,因此英国路网公司向Crossrail提

供了23亿的资金支持,并在Crossrail线全线贯通后,通过运营商港铁公司支付的轨道使用费获得报酬^[13]。

3 市郊铁路 Crossrail 线路投融资对我国的启示

3.1 以央地共担理念构建多层次政府出资模式

英国Crossrail线路作为穿伦敦而过的大型市郊铁路,其中英国运输部(DfT)代表中央政府直接拨款48亿英镑,占整个投融资方案的比重约为34%,伦敦交通局(TfL)代表地方政府直接拨款19亿英镑,占整个投融资方案的比重约为13%。相比之下,我国市郊铁路投融资中,政府财政资金的投入主要来源于建设该项目的市级地方政府,对该一级政府的财政资金压力较大。因此,应当构建多层次的政府出资模式,对项目进行评估,评估项目建成后发挥的作用,从而确定其重要性,再分别考虑向上级政府和下级政府寻求共担出资的方案。其中,由于市郊铁路主要服务于城区和郊区,而我国行政区划基本会涉及多个市辖区,因此所涉及的市辖区作为受益方有较大义务承担出资责任。如果涉及的线路较为重要,或市级财政和区级财政压力均较大,可由省级政府乃至财政部出资共担。在经济下行的环境下,多层次政府出资模式可有效减轻财政压力,实现市郊铁路投融资财政资金端的可持续发展。该模式在我国已有初步探索,例如台州市郊铁路S1号线的项目资本金中,政府方出资占比为20%,而政府出资中,则由代表市政府的市轨道公司、路桥区、椒江区、温岭区、开发区分别出资了15%、24%、24%、36%、1%,将出资分摊到区一级,有效减轻了单独某一级政府的财政压力。

3.2 引入市郊铁路的社会受益主体参与投融资

通过对Crossrail线路投融资模式及渠道分析,Crossrail线路的投融资充分考虑了市郊铁路建设后的潜在受益主体,包括沿线商业界、沿线房地产开发商、沿线社区、沿线其他交通模式、中央商务区等受益主体。此外,英国的法律规定了在进行类似Crossrail线路等较为重要的基础设施建设的过程中,政府可以采取商业利率补充等手段对相关受益主体进行征税,以确保他们不能只享受线路建设带来的经济效益而不承担建设义务。不仅是英国,其他国家也有类似的政策,例如法国规定,交通服务区内的总人口超过30万人时,城市交通管理委员会就有权征收城市交通税,后续逐步将人口要求降至3万。城市交通税的征收对象是位于城市交通服务区内、雇员人数超过9人的所有企业,

征收基数是各企业的工资总额^[15]。在 Crossrail 线路投融资过程中,政府巧妙借助了媒体的力量进行宣传,降低了相关利益主体参与投融资过程的抵触情绪。对于国内市郊铁路建设而言,在现阶段市郊铁路出资模式主要依靠政府以及 PPP 模式中引入的社会资本,相关受益主体的出资极少。根据《关于推动都市圈市域(郊)铁路加快发展意见的通知》中创新投融资方式的要求,市郊铁路的建设要拓展资金筹措渠道,吸引不同渠道的资金共同参与市郊铁路^[3]。在未来,将线路受益主体纳入投融资范围可以作为投融资改革的方向之一,通过制定相关政策,从国内较为发达的城市如北京、上海等地开始,借助互联网等媒体平台,宣传市郊铁路的建设对沿线企业、商户的潜在商机,循序渐进,逐步试点,按照企业至线路的地理距离、企业规模等形式对受益主体进行区分。

3.3 探索 TOD 理念的站城一体化开发新模式

对于 Crossrail 而言,金丝雀码头集团和伯克利集团各自出资建设了其范围内的车站,以周边土地溢价收益或土地开发收益弥补车站投资,该模式核心理念与以公共交通为导向的开发(transit-oriented development, TOD)有较高的相似性。对于国内市郊铁路建设而言,如果市郊铁路规划的站点附近有大型的房地产开发企业,或产权关系较为简单明确的商业地产,可将其吸收为投融资方,由其作为唯一投资方或者联合投资方建设其区域的站点,以节省政府资金,并由政府授权其在车站周边开发零售或休闲设施以获取土地溢价带来的收益。在该理念下,铁路与站点建设及后续开发高度绑定,市郊铁路企业与市郊铁路建设可以同步规划、同步设计、同步建设,以此实现土地增值收益的最大化。政府方节约了车站建设或更新改造资金,市郊铁路线路可以带来更多的客流反哺商业并提升周边土地溢价水平,实现了双方的互利共赢,开拓了投资分流、成本分摊的融资渠道。

3.4 以客流改善为抓手吸引其他交通运输企业

Crossrail 支线直通希思罗机场,预计为希思罗机场带来更多客流,因此希思罗机场为 Crossrail 线路提供融资支持。对于国内而言,在“十四五”大力倡导“四网融合”的背景下,市郊铁路将会逐步融入“市郊铁路+城市轨道交通+城际铁路+高速铁路”组成的四网中,因此新建市郊铁路带来的客流将会不可避免地为其其他层级的轨道交通带来客流的改善从而产生收益。并且在“四网融合”的理念指导下,由于市郊铁路和城市轨道交通均主要服务于市内客流,后续新建的市郊铁

路将会考虑与其他层级尤其是城市轨道交通的互联互通,因此城市轨道交通企业和其他服务市内客流的交通运输(如公交、有轨电车等)企业将会是新建市郊铁路的重要受益方,可以引导其他交通运输企业参与到市郊铁路投融资中,并制定更加合理的票务清分机制,达到“资金共摊、线路共建、利益共享”的良性结果。

4 结束语

伦敦 Crossrail 线路作为 21 世纪以来英国乃至欧洲最大的基础设施建设项目,其投融资历程较为漫长,资金构成较为复杂。也正因如此,该案例针对市郊铁路的投融资进行了积极的探索和尝试,为我国市郊铁路投融资提供了宝贵的经验借鉴,并且其经验中所蕴含的理念可以推广至整个城市轨道交通行业。在“四网融合”的背景下,市郊铁路乃至整个城市轨道交通行业的后续发展前景广阔,但仍需进一步激发各方的投融资热情,通过优化投融资结构、创新投融资方式等手段,为市郊铁路乃至整个城市轨道交通行业建设提供可持续的资金保障,为实现“四网融合”高质量发展提供源源不断的动力源泉。

参考文献

- [1] 中华人民共和国中央人民政府. 第十三届全国人民代表大会第四次会议关于国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要的决议[EB/OL]. [2024-07-29]. https://www.gov.cn/xinwen/2021-03/11/content_5592407.htm.
- [2] 中华人民共和国国家发展和改革委员会.“十四五”规划《纲要》名词解释之 134[EB/OL]. [2024-07-29]. https://www.ndrc.gov.cn/fggz/fzjzgh/gjfgzh/202112/t20211224_1309395.html.
- [3] 中华人民共和国中央人民政府. 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[EB/OL]. [2024-07-29]. https://www.gov.cn/zhengce/content/2020-12/17/content_5570364.htm.
- [4] 张泓, 刘勇, 谢建光. 基于可持续发展的城市轨道交通盈利模式研究[J]. 都市快轨交通, 2007, 20(5): 9-13. ZHANG Hong, LIU Yong, XIE Jianguang. Research on urban rail transit profit-making model based on sustainable development[J]. Urban rapid rail transit, 2007, 20(5): 9-13.
- [5] 张晓莉, 张泓, 刘勇.“地铁经营+物业发展”盈利模式的内涵与操作思路[J]. 都市快轨交通, 2008, 21(2): 1-6. ZHANG Xiaoli, ZHANG Hong, LIU Yong. Connotation and idea of operation of an earning model: “metro management+property development”[J]. Urban rapid rail transit, 2008, 21(2): 1-6.
- [6] 李凯薇, 胡昊, 孙伟良. 市郊铁路投融资模式选择策略

- 研究[J]. 城市轨道交通研究, 2021, 24(3): 1-4.
- LI Kaiwei, HU Hao, SUN Weiliang. Research on selection strategy of investment and financing model for suburban railway[J]. Urban mass transit, 2021, 24(3): 1-4.
- [7] 韦小泉, 林颖, 程哲, 等. 中印市域铁路 PPP 模式比较分析及启示[J]. 都市轨道交通, 2018, 31(2): 149-153.
- WEI Xiaoquan, LIN Ying, CHENG Zhe, et al. Comparative analysis of the PPP model of commuter rail between India and China and its implication[J]. Urban rapid rail transit, 2018, 31(2): 149-153.
- [8] 丁建宇. 温州市域铁路发展与思考[J]. 都市轨道交通, 2018, 31(4): 6-10.
- DING Jianyu. Reflections on the development of the Wenzhou urban railway[J]. Urban rapid rail transit, 2018, 31(4): 6-10.
- [9] 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): 100-105.
- 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): 100-105.
- [10] Elizabeth Line Route Maps[EB/OL].[2024-02-21]. <https://www.crossrail.co.uk/route/maps/regional-map>.
- [11] A Sustainable East to West Railway for London[EB/OL].[2024-02-21]. <http://www.crossrail.co.uk/benefits/>.
- [12] Clrl. Crossrail review[R]. London, 2004.
- [13] BUCK M. Crossrail project: finance, funding and value capture for London's Elizabeth line[J]. Proceedings of the institution of civil engineers-civil engineering, 2017, 170(6): 15-22.
- [14] ROUKOUNI, MEDDA F. Evaluation of value capture mechanisms as a funding source for urban transport: the case of London's Crossrail[J]. Procedia-social and behavioral sciences, 2012, 48: 2393-2404.
- [15] 李连成. 现代化都市圈与市域(郊)铁路[M]. 北京: 中国市场出版社, 2020.
- LI Liancheng. Modernized Metropolitan Area and Suburban Rail[M]. Beijing: China Market Press, 2020.

(编辑: 王艳菊)

(上接第 122 页)

- [3] 王嘉伟. 无筋钢纤维混凝土管片承载力极限状态设计计算方法研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2021.
- WANG Jiawei. Study on design and calculation method of ultimate state of bearing capacity of unreinforced steel fiber reinforced concrete segments[D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2021.
- [4] 贾永刚, 阳卫卫, 吴帆, 等. 装配整体式盾构管片结构及力学性能研究[J]. 都市轨道交通, 2023, 36(5): 59-65.
- JIA Yonggang, YANG Weiwei, WU Fan, et al. Structure and mechanical properties of assembled monolithic segments in shield tunneling[J]. Urban rapid rail transit, 2023, 36(5): 59-65.
- [5] 张力, 何川, 封坤, 等. 螺栓对盾构隧道管片接头抗弯承载力的影响[J]. 中国公路学报, 2022, 35(11): 195.
- ZHANG Li, HE Chuan, FENG Kun, et al. Influence of bolt on the compression-bending capacity of segmental joint of shield tunnel[J]. China journal of highway and transport, 2022, 35(11): 195.
- [6] FENG Kun, HE Chuan, QIU Yue, et al. Full-scale tests on bending behavior of segmental joints for large underwater shield tunnels[J]. Tunnelling and underground space technology, 2018, 75: 100-116.
- [7] DING Wenqi, CHEN Xiaoping, JIN Yuelang, et al. Flexural behavior of segmental joint containing double rows of bolts: experiment and simulation[J]. Tunnelling and underground space technology incorporating trenchless technology research, 2021, 112: 103940.
- [8] 柳献, 张晨光, 张宸. 地铁盾构隧道纵向接缝承载能力试验研究与解析分析[J]. 土木工程学报, 2016, 49(10): 110-122.
- LIU Xian, ZHANG Chenguang, ZHANG Chen. Investigation on the ultimate bearing capacity of longitudinal joints in segmental tunnel lining[J]. China civil engineering journal, 2016, 49(10): 110-122.
- [9] 龚琛杰, 丁文其. 盾构隧道钢纤维混凝土管片接头极限承载力试验[J]. 中国公路学报, 2017, 30(8): 134-142.
- GONG Chenjie, DING Wenqi. Experimental investigation on ultimate bearing capacity of steel fiber reinforced concrete segment joints in shield tunnels[J]. China journal of highway and transport, 2017, 30(8): 134-142.
- [10] 张稳军, 张琪, 张高乐. 天津滨海 Z2 号线盾构隧道接头螺栓比选及抗弯刚度研究[J]. 岩土工程学报, 2019, 41(S1): 113-116.
- ZHANG Wenjun, ZHANG Qi, ZHANG Gaole. Selection of bolted joints and bending stiffness of shield tunnel of Z2 metro line in Tianjin Binhai New Area[J]. Chinese journal of geotechnical engineering, 2019, 41(S1): 113-116.
- [11] 赵合全. 软弱富水地层大直径盾构始发端头联合加固方法及应用[J]. 都市轨道交通, 2022, 35(2): 130-135.
- ZHAO Hequan. Combined ground improvement method and application of shield launching hole in soft and watery strata[J]. Urban rapid rail transit, 2022, 35(2): 130-135.
- [12] 张淑云. 混凝土结构基本原理[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2018.
- ZHANG Shuyun. Basic principles of concrete structure[M]. Beijing: Beijing Insitute of Technology Press, 2018.

(编辑: 傅依萱)