

城市轨道交通市域快线发展的实践与思考

刘 迁, 张 杰

(中国地铁工程咨询有限责任公司, 北京 100037)

摘要: 随着城市规模的快速扩大和轨道交通的高速发展, 城市轨道交通市域快线规划、建设和运营问题已经成为特大规模城市研究的热点。然而从各城市的规划和实践情况来看, 规划理念和建设效果存在较大差异。通过分析市域快线出现的原因及对比研究国外案例, 解析中国超(特)大城市发展市域快线的特点。以成都市轨道交通网络规划为例, 提出市域快线应具有相对快速、较大运输能力、灵活运营的技术特征, 规划过程应具有系统性、可达性和穿越性、渐进性的特征。

关键词: 轨道交通; 市域快线; 系统制式; 技术特征; 规划特征; 成都市

Thoughts on Metropolitan Rapid Rail Transit Development

Liu Qian, Zhang Jie

(China Metro Engineering Consulting Company, Beijing 100037, China)

Abstract: With the rapid urban expansion and urban rail transit development, the planning, construction, and operation issues of urban express rail transit has become a topic in the research of mega cities. However, reviewing the planning and operation urban express rail transit in different cities, there are great differences in the planning concept and construction effect. Through analyzing the reasons for the appearance of urban express rail transit and several cases both in China and abroad, this paper discusses the characteristics of express rail transit in metropolitan areas of China. Taking Chengdu rail transit network planning as an example, the paper points out that urban express rail transit should have the technical characteristics of relatively high speed, large capacity, and flexible operation, and the planning should consider systematism, accessibility and progressiveness.

Keywords: rail transit; express rail transit; different types of rail transit system; technical characteristics; planning characteristics; Chengdu

收稿日期: 2019-07-01

作者简介: 刘迁(1969—), 男, 北京人, 学士, 教授级高级工程师, 常务副总经理, 主要研究方向: 城市轨道交通前期政策和规划研究。E-mail: 13701152220@139.com

0 引言

近 10 年中国城市轨道交通迅速发展, 一些超(特)大城市的轨道交通网络已经基本形成。这些城市在轨道交通网络规划中前瞻性地构建了包括市域快线在内的多层次轨道交通网络体系, 而且一些城市已经率先进行了不同类型的市域快线建设运营尝试。由此市域快线技术问题越来越成为关注热点。在最新颁布的《城市轨道交通线网规划标准》(GB/T 50546—2018)中也明确了城市轨道交通快线为旅行速度为 $45 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 及以上的城市轨道交通线路^[1]。

然而由于各城市发展背景不同, 对快线技术体系的认识也有不同, 因此中国不同城市市域快线的构建和系统选择各有特点; 另一方面, 国外城市如东京、巴黎等都已经形成比较完善的市域快线网络体系, 也有其发展的历史原因和鲜明的技术特征。市域快线形成的底层逻辑依然是城市和交通发展需求的多种因素造成的, 国外城市的经验有一定的借鉴意义, 国内的实践过程也体现不同的规划思想和技术思路。本文在分析以上经验教训的基础上, 结合成都市域快线实际规划案例, 对市域快线的制式选择和规划特征进行分析, 提出市域快线应具有相对快速、较

大运输能力、灵活运营的技术特征，规划过程应具有系统性、可达性和穿越性、渐进性的特征。

1 市域快线的发展经验

1.1 巨型城市是市域快线形成的主要原因

市域快线是城市巨大规模和全域发展意图的必然产物。从城市发展角度看，中国相当一部分超(特)大城市的规模急剧扩大、功能分化，中心城区出现了多中心的空间结构，城市规划意图已经迈向全域甚至跨域一体化发展的方向。以成都市为例，城市一体化发展范围从2000年版总体规划的中心城区扩展至2020年版总体规划的主城区+中心城区+临近卫星城，再到2035年版总体规划的全市域乃至大都市区。对于中心城区的关注，自始至终强调由单核聚集到之后的轴向集中、由圈层拓展到扇叶状延伸。对于主城区、都市区，自《成都市城市总体规划(2003—2020年)纲要》开始，明确了多中心城市空间体系，逐步形成南北展开的带状布局形态；而在最新的2035版规划意图中提出了第二核心(天府新区)和第二发展带(龙泉山以东城市发展带)，规划的城市发展空间尺度和城市规模预期都在急剧扩张过程中。

从交通发展角度看，公共交通出行意识正在逐步加强，北京、上海、广州等城市轨道交通出行分担率超过公共汽车交通(如2018年广州市地铁占公共交通出行比例达51%)，同时居民通勤出行时间忍耐力又相对稳定。由此，在大尺度空间条件下，居民出行需求就会出现走廊式集中特征，这些走廊上的通勤距离往往超长，而且其走廊方向性也愈来愈复杂，走廊上的供需矛盾也进一步突出。城市轨道交通普线由于其速度有限和较单一的运营组织方式，导致服务可达性的适应能力相对在减弱。因此，构建轨道交通快线体系是解决这一矛盾的主要手段。

1.2 巴黎RER快线体系经验分析

国外市域快线发展已成规模，有着丰富的经验教训可以借鉴，例如柏林的S-Bahn系统、巴黎的RER系统。其中，巴黎RER系统对中国影响最大，因为法国公司早年曾参与中国城市轨道交通网络规划，并且在市

域快线系统中，RER表现出规划理论的科学性、网络的完整性和运营效果的显著性。RER是在旧式市郊铁路的基础上改造和新建的区域快速轨道交通线路^[3](见图1)，主要服务于巴黎大区60 km半径范围，成为巴黎新城发展的关键。RER整个建设思路是以铁路制式为主、在现有地铁网基础上进行修补，建设顺序先普后快，即所有快线均建设于普速地铁之后。这一模式的主要特点如下：

1) 具有同时为中心城区和郊区服务的双重功能。在巴黎市区范围内RER线与14条地铁线相连，强化了周边各省、各城镇与中心城区的联系；在大巴黎范围内与市郊铁路联系，构成更大范围的郊区轨道交通网络，强化了各省各城镇间的联系；同时，RER线穿越中心城区形成直径线，兼顾了城市内部的长距离快速出行需求。

2) 采用共线运营模式。RER的共线运营长度超过110 km，即使分属不同公司也可以实现互联互通。例如巴黎公交公司经营的RER-B线和法国国营铁路公司经营的RER-D线在城区即为共线运营。

3) 外围设有较多支线。在内部通道有限的情况下，RER在城市外围设有较多支线，扩大了轨道交通覆盖范围。

4) 通过大站间距和越行实现较高旅行速度。RER线在中心城区段平均站间距超过3 km，远大于地铁的600 m；车辆最高运行速度 $140 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ，且在外围地区开行大站快车，旅行速度可达 $50\sim 70 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ 。

5) 所有线路到达并穿越中心城区。快

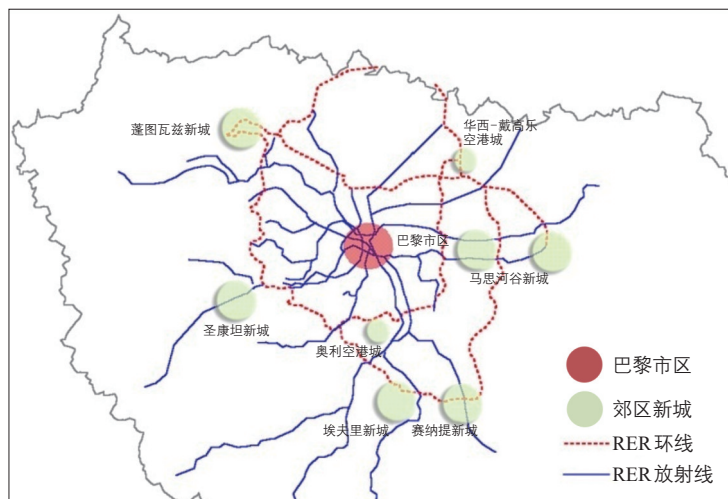


图1 巴黎轨道交通网络

Fig.1 Paris rail transit network

资料来源：文献[3]。

线穿越中心城区实现了较好的交通功能，但由于规划相对滞后，是在既有地铁网基础上进行补丁式的修建，建设周期长、工程代价较大，且建成后对周边普线功能影响大。

1.3 北京、上海快线的研究历程及经验

中国市域快线的研究经过了规划和实践的反复过程，尤以北京和上海的尝试最有特点。北京和上海在线网规划阶段，很早就有市域轨道交通的理论研究和网络规划层次，例如北京郊区线研究提出的S线体系，上海城市轨道交通线网规划中提出的R线体系。而在之后几轮建设规划的实践过程中，因各自原因，市域轨道交通的层次始终没有如规划设想完整实现。在之后的规划中，北京、上海都开始重新审视市域轨道交通的规划和技术特征，但因对快线的理解不同，走上不同的路径和制式选择。北京以切向线、半径线为主(如新机场线、平谷线)。上海以半径线为主，规划中完整的快线(R线)体系被拆

分为7条线路，分段组织运营，系统标准选择也各有不同。可以说北京认识到了快线的作用但迟迟没有落在规划中；上海最早落在规划中但迟迟没有认识到快线的作用。两个城市现在都充分认识到快线的巨大作用，但面对各自接近1 000 km的已建和在建轨道交通网络，如何进行快线体系层次的重塑成为巨大的难题。

2 市域快线发展的制式选择

市域快线最明显的特征反映在制式选择的技术标准上。中国的市域快线发展属于探索阶段，所以各个城市根据自身特点进行了实践。根据制式选择的差异性，大致可以分为铁路制式、城轨制式和中间制式。

2.1 铁路制式

铁路制式采用的是中国铁路系统技术标准和运营组织模式，以成灌铁路(见图2)最为典型。成灌铁路主要服务于成都中心城区、郫县、都江堰、彭州四大区域的联系，采用CRH6A-A车型，交流25 kV接触网供电模式。成灌铁路的建设是“5.12”灾后重建的特殊历史时期产物，可以看成是以铁路制式解决市域线的实验项目。就目前运营来看这个尝试并不算成功，功能目标、服务水平和技术标准这三个要素之间并不匹配。尤其是铁路制式与城市内工程条件存在诸多不适应性。例如线路条件无法适应复杂空间条件；桥梁结构无法适应城市景观；车辆性能无法适应频繁启停；铁路半军事化管理无法适应复杂的城市交通服务；特别是铁路模式进行城市交通服务的不经济；等等。不过由于成灌铁路在成都铁路枢纽总图中处于末梢位置，因此未来可以更侧重服务城市的功能，管理体制、服务功能和技术标准均存在大规模调整改造的可能。



图2 成灌铁路线路走向

Fig.2 Route of Chengdu-Dujiangyan Rail Transit

资料来源：文献[2]。

表1 市域快线城轨制式各城市对比

Tab.1 Types of urban express rail transit in different cities

城市	线路名称	速度标准/(km·h ⁻¹)	供电	车型
北京	17, 19号线	100~120	直流1 500 V	8A
上海	快线网	120	直流1 500 V	6A
成都	快线网	140~160	交流25 kV	4~8A
广州	3号线	120	直流1 500 V	6B
贵阳	快线网	100	直流1 500 V	6B

资料来源：文献[2]。

2.2 城轨制式

市域快线的城轨制式选择较为多样，各个城市的制式选择各有特点(见表1)。各城市对快线的定义并不完全相同，速度标准各异。除成都外的城市基本是与普线网络产生差异化旅行速度即可，但较低的速度标准对快线的服务水平提高有限。成都采用城轨制式的方式较为彻底，速度标准和供电模式的选择更适合市域长距离出行需求。就大空间

尺度范围的服务而言，成都选择的发展方向可能更合适，但不排除特定条件和需求特征下其他制式的优势。

2.3 中间制式

也有城市进行了组合型车辆制式的探索。例如温州的S1线采用 $140\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ 、交流 25 kV 的D型车，信号采用城轨技术标准的CBTC系统，这种制式处于探索阶段，其车体采用铁路车辆标准，是一个兼顾型的尝试。北京在深入研究的基础上，进行了更进一步的尝试。北京新机场线选择 $160\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ 、交流 25 kV 市域D型车；平谷线采用 $160\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ 、双流(兼顾直流 1500 V 和交流 25 kV)市域D型车，车宽 3.3 m ，车长 24 m (头车)、 22 m (中间车)，基本上是新的兼容体系，车辆标准体系逐步适应了高速和城市内较为苛刻的工程条件。

2.4 小结

总体来看，北京和成都属于市域快线制式选择标准较高的城市，其制式选择的发展方向可能更值得其他城市借鉴。但也不排除特定条件下其他制式尤其是铁路制式有优势：一种情况是市域功能与城市群城际功能合二为一，如厦门的厦漳泉城际网络对厦门市域快线体系的替代作用；另一种是铁路公交化后对部分市域快线在一定时段内的替代作用。不管采用何种制式标准，市域快线应满足以下技术要求：

1) 服务城市、通勤为主。技术条件尽可能适应城市内工程条件，并且具备一定量级的运输能力尤其是高峰运输能力。

2) 相对快速、频繁起停。应保持与其他交通方式有竞争优势的旅行速度，车辆启动制动性能具备适应性。

3) 客流波动巨大、特征复杂。应具有灵活的运营组织模式，应对更为复杂的客流特征，配线应满足复杂灵活的运营组织方案。

4) 标准灵活、兼容并蓄。应结合区域和城市轨道交通规划统筹考虑制式选择，因地制宜。

3 市域快线的规划特征

线网规划是市域快线构建的首要任务，由于各城市对市域快线技术特征的把握各不

相同，本质上应从市域快线的规划特征入手进行研究。本文以成都市域快线网络的构建过程为例，提出市域快线在规划阶段的三个关键特征。

3.1 系统性

市域快线的规划并不是孤立存在的，由于其在服务功能和空间上与区域轨道交通、城市普速轨道交通都有一定的交叉关系，规划中需要重视系统性，应以统筹的思路进行市域快线网络的规划。快线网只是成都市域轨道交通统筹网络的一部分，系统规划之后形成的三网融合、全域覆盖、互联成网、普快结合的网络才是符合城市长远发展的轨道交通网络构架(见图3)。

3.2 可达性和穿越性

市域快线另一个关键的规划特征是可达性和穿越性。所谓可达性也称为中心性，即要求市域快线必须直达城市中心。而中国很多城市试图把快线断在城市外围，依靠普线衔接换乘，实践证明基本上是失败的。穿越性指市域快线直达城市中心后不能简单以半径线止于市中心某点，而是尽量以直径线形式穿越市中心并留有多点换乘条件。当市域快线客流巨大时，直径穿越是必需的。

可达性和穿越性的根本原因是适应客流需求。市域线的主要服务对象有两类，一类是外围组团进入中心城区的超长距离出行客流；另一类是中心城区内长距离出行客流。对于第一类的服务对象，其出行方向在中心城区是发散型的，市域快线需要与中心城区内其他轨道交通网络具备多点多方向的换乘条件，方可降低乘客换乘次数，提高可达性，降低出行时间；第二类服务对象是很多特大规模城市更容易忽视的客流特征，特大规模城市的中心城区及边缘组团的同城化效应已非常明显。以成都为例，四环直径近 30 km ，同城化明显的二圈层(成都中心城区及临近卫星城)直径更达到 $50\sim 60\text{ km}$ ，在这个尺度上产生的长距离需求，普速轨道交通速度服务水平已经明显不具备优势。这两类的客流出行特征在交通方式供给选择上具有相似性，再考虑中心城区轨道交通廊道的有限性，可以判断市域快线在城市中心城区具备可达、穿越的规划特征是必要的(见图4)。

3.3 渐进性

市域快线建设存在很多障碍。例如沿线政府要求增加车站导致快线功能丧失、线路走廊的缺失导致贯穿中心城区快线工程代价巨大甚至难以实施，等等。根据市域快线的实践，科学把握市域快线建设实施的渐进性非常重要。

1) 先普后快。

宜首先以普线为主建设，构建中心城区基本网，解决基本的交通需求问题，然后再根据需求进行快线建设。以成都为例，第一期和第二期建设规划以中心城区普线成网为主要工作，快线在第二期建设规划之后才逐步启动建设(见图5a)。

2) 先外后内。

快线服务对象中最紧迫的是外围组团进入中心城区的客流，也就是说快线的空间需求是从外向内的。因此在建设过程中，首先要与内部普线网具备换乘条件，重点解决外部进入中心城区的基本交通需求。成都市域快线首先建设外围段，如第二期建设规划中的10号线一期、18号线一期，第三期建设规划中的17号线一期、11号线一期等(见图5b)。

3) 先断后联。

快线最终是满足客流进城后多方向和长距离的出行需求，必要时甚至是成网互联互通运营，所以快线分期建设，最后互联成网是重要一环。成都市在第三期建设规划中上报17号线一期，第四期上报17号线中心城区段，并建设19号线，与18号线共同形成互联互通的快线网络形态(见图5c)。

当然，快线的建设并非必然遵循以上规律，各城市在实践过程中可因地制宜选择适合自身城市发展和轨道交通可持续发展的建设节奏，关键在于合理实现快线功能，与城市轨道交通普线网络实现良好的网络效益。

4 结语

市域快线的实践在中国刚刚起步，有些争议在所难免。争议主要集中在技术标准选择、快线穿越中心的必要性、站间距控制等方面。这些争议有些受制于城市发展过程中的遗留问题，也有全网统筹后各城市不同角度的思考，很难形成具有普遍意义的结论。

总体来看，市域快线主要存在于规模足够大的城市和某些具有特殊空间结构的城

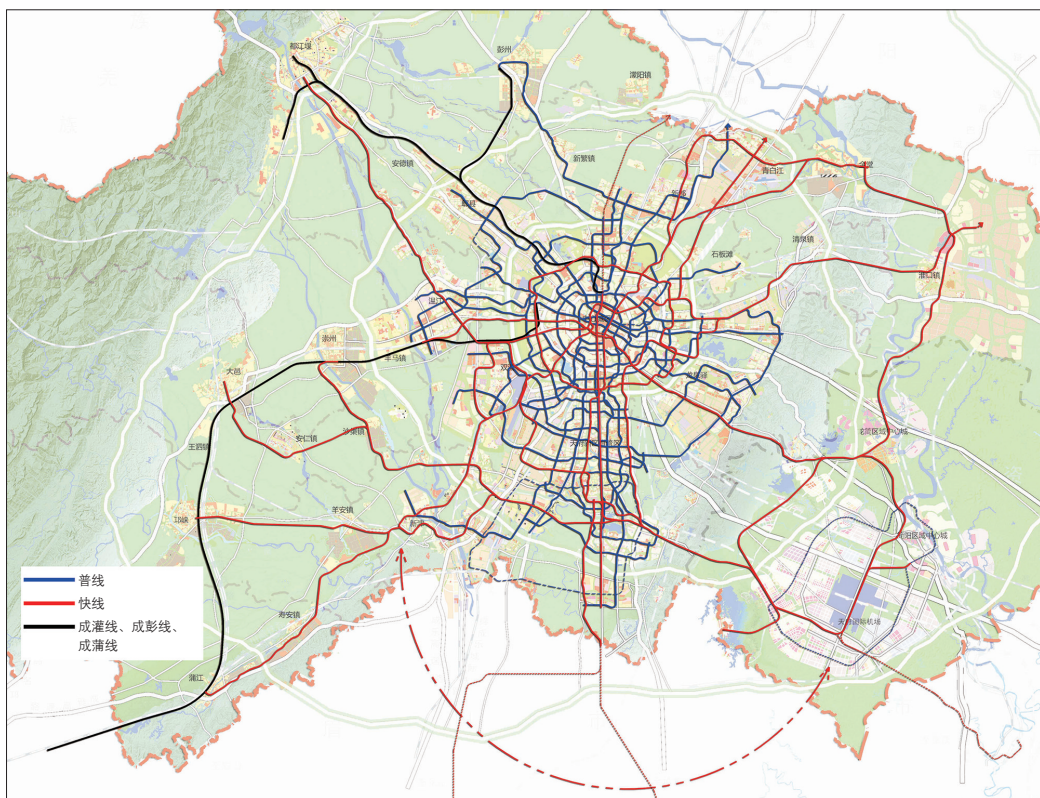


图3 成都市轨道交通网络规划

Fig.3 Chengdu rail transit network planning

资料来源：文献[2]。

市，国外城市如巴黎RER线网的构建体现了复合功能、网络化运营、穿越中心城区等规划特征，值得国内特大规模城市借鉴，而中国城市市域快线的规划建设经过这几年的实践，虽然在规划特征和技术制式选择上各有倾向，但能明确的是应从快线所服务的客流特征出发，其主要技术特征是相对快速、运输能力较强、灵活的运营组织形式，而其具

体的技术表现形式相对复杂，可以根据城市实际发展和综合交通规划基底进行适应性选择。而在规划阶段，市域快线的规划特征应更多关注全网的统筹规划，具体线网布局应以穿越为主、切向为辅，避免端端接力而无法贯通带来的可达性缺失。在建设过程中，应慎重把握建设节奏，与普线网络的建设节奏相协调，真正实现快线应有的功能和效益。

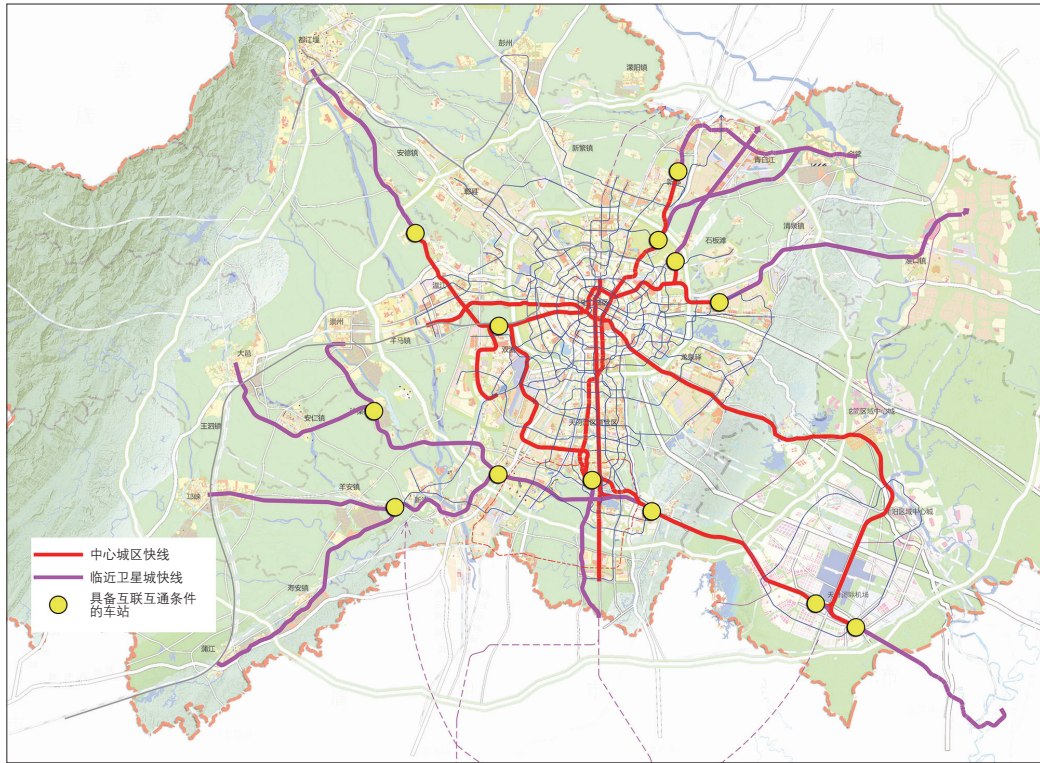


图4 成都市域快线网互联互通及穿越性特征

Fig.4 Interconnection and traversal characteristics of urban express rail transit network in Chengdu

资料来源：文献[2]。

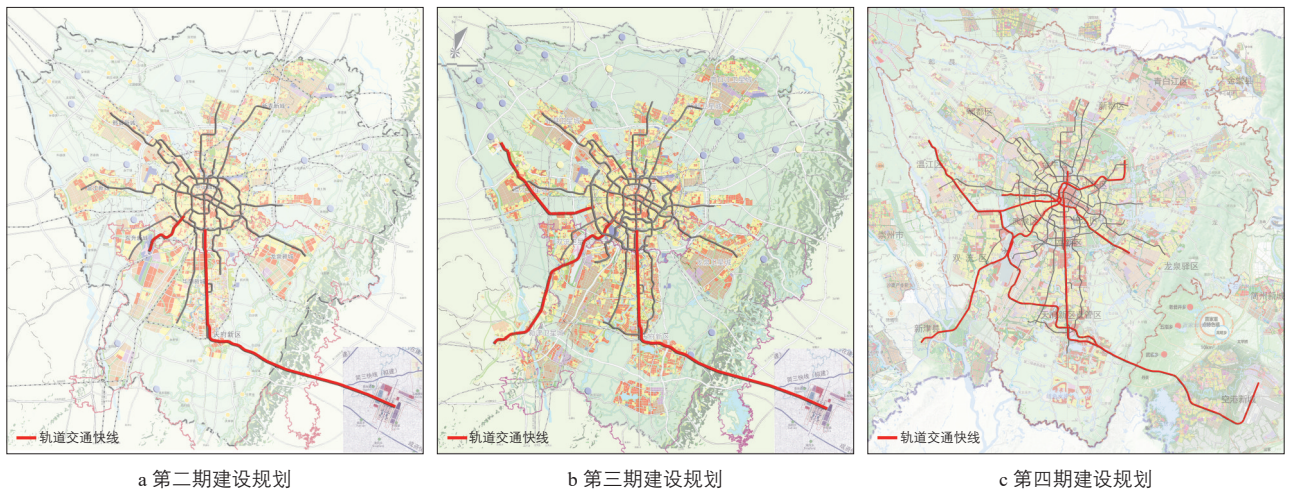


图5 成都市各期建设规划中快线的建设节奏

Fig.5 Construction schedule of express rail transit in Chengdu construction planning

资料来源：文献[5]。