

新时代都市圈多层次轨道交通规划研究

王 晓

中国铁路设计集团有限公司交通运输规划研究院，天津

收稿日期：2024年2月27日；录用日期：2024年5月4日；发布日期：2024年5月13日

摘 要

我国都市圈内轨道交通资源总体发展不均衡，多层次轨道交通体系亟需规划完善，本文以浦东新区为例进行规划。结合各层次轨道交通功能定位，重点对多层次线网布局方案及融合发展方案进行规划。从“目标、问题、需求、功能要求”四重导向开展分析，明确多层次线网布局优化方向，采用“分层布网、逐层优化、统筹联动”的规划方法，提出多层次轨道交通线网布局方案：形成“5方向、12干线”的高铁、城际网，“5射6联”的市域轨道交通网络，补强300 km的中低运量轨道交通网；并且布局了一、二、三级节点网络。该方案的采用，将在支撑浦东新区社会主义现代化建设引领区的战略定位、覆盖城市主要发展板块、构建“0.5~1 h”通勤圈、促进四网融合等方面起到良好效果。

关键词

多层次轨道交通，线网规划，融合方案规划

Research on Multi-Level Rail Transit Planning in Metropolitan Area in the New Era

Xiao Wang

Institute of Transport Planning, China Railway Design Corporation, Tianjin

Received: Feb. 27th, 2024; accepted: May 4th, 2024; published: May 13th, 2024

Abstract

The development of rail transit resources in China's metropolitan area is not balanced, and the multi-level rail transit system needs to be improved. This paper takes Shanghai Pudong as an example. Combined with the functional orientation of rail transit at all levels, this paper focuses on the research of multi-level network layout scheme and integrated development scheme at all le-

vels. The analysis is carried out from the four directions of “target, problem, demand and functional requirements” to clarify the optimization direction of multi-level network layout, and the planning method of “layered network layout, layer-by-layer optimization and overall linkage” is adopted. Finally, a multi-level rail transit network layout scheme is proposed: the high-speed rail network with “5 directions and 12 trunk lines” is formed, the urban rail transit network with “5 shots and 6 connections” is formed, and the 300 km medium and low volume rail transit network is reinforced, and the first, second and third node network is formed. The adoption of this plan will play a good role in supporting the strategic positioning of the leading area of socialist modernization construction in Pudong New Area, covering the main development sectors of the city, building a “0.5~1 h” commuter circle, and promoting the integration of four networks.

Keywords

Multi-Level Rail Transit, Network Planning, Integration Scheme Planning

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



1. 引言

现代化都市圈、城市群是我国新型城镇化建设的主体形态，随着近年来的不断推动建设，以都市圈、城市群为主体、大中小城市协调发展的城镇格局正逐步形成。轨道交通作为都市圈城镇化建设的重要支撑，也逐步由关注区域干线连通，转向关注都市圈层面多层次轨道交通协调有序发展。目前我国都市圈多层次轨道交通存在功能定位混淆、换乘衔接不畅等问题，如部分适宜修建市域(郊)铁路的线路按城市轨道交通修建，部分大型综合交通枢纽需出站换乘等，亟需从源头上对多层次轨道交通进行规划。

在多层次轨道交通规划方面，国内学者对多层次轨道交通规划技术体系[1] [2]、融合发展[3] [4]、发展对策[5]、网络规模[6]等方面开展了研究，缺乏对多层次网络布局思路及融合思路的体现，本次研究将以浦东新区为例，从目标、问题、需求和功能四重导向对多层次轨道交通线网进行布局，并开展融合发展研究，为都市圈多层次轨道交通规划研究提供借鉴，助力推动我国都市圈多层次轨道交通体系的高质量发展。

2. 多层次轨道交通体系

2.1. 层次划分

随着我国城市都市圈轨道交通的不断发展，基本形成了特点鲜明、相辅相成的多层次轨道交通体系。就客运轨道交通而言，主要可划分为干线铁路、城际铁路、市域轨道交通、城市轨道交通四个层次[7] [8] [9] [10] [11]，其中干线铁路又可细分为普速铁路和高速铁路。

结合浦东新区轨道交通实际，将浦东新区轨道交通功能层次划分为干线铁路、城际铁路、市域轨道交通、城市轨道交通四个层次。考虑浦东新区普速铁路线路较少，且以沿海港口为起点向内陆辐射的形态格局基本稳定，本次研究中仅对普速铁路辅助承担市域客流进行研究；同时考虑浦东新区对外铁路通道同时承担中长途客流及城际客流的复合功能，将高铁、城际两个层次轨道交通合并布局研究。

2.2. 功能定位

各层次轨道交通的旅行速度、客运承载能力、站间距、发车间隔、票制票价等差异决定了其适宜的

服务对象、服务范围等功能定位的不同。梳理浦东新区各层次轨道交通的功能定位如表 1:

Table 1. The service scope of multi-level rail transit in Pudong New Area

表 1. 浦东新区多层次轨道交通服务范围

功能层次	服务范围	出行距离
高速铁路	浦东新区对外与全国其他城市群, 兼顾长三角内部交流	>150 km
城际铁路	上海大都市圈旅客交流, 长三角内部核心城市、主要经济据点间旅客交流	50 km~150 km
市域轨道交通	浦东内部新城(新市镇)与主城间旅客交流, 大型综合交通枢纽间转换旅客交流	20 km~80 km
城市轨道交通	浦东与浦西间, 及浦东主城区内部及其周边连绵地带	<30 km
普速铁路	作为市域网补充, 可兼顾各层次	>20 km

3. 规划方案

多层次轨道交通规划方案包括分层次线网规划方案和融合发展规划方案 2 个部分。

3.1. 分层次线网规划

3.1.1. 现状网络评估



Figure 1. The schematic diagram of existing and planned high-speed rail and urban rail transit network

图 1. 既有及规划高铁及市域轨道交通网络示意图

目前浦东新区轨道交通网络层次体系不够完善, 高铁及城际铁路发展缺位、市域轨道交通未成网络、

城市轨道交通以覆盖主城区为主。规划年度随着已批复的上海枢纽总图规划、上海市总体规划等上位规划落实，浦东新区轨道交通网络将基本形成多层次格局，表现出以下特征。

一是规划高铁线路呈“C字形”(见图1)沿浦东新区外围沿海地区走行，浦东新区与长三角部分城市联系需穿越中心城、联系不便；二是市域轨道交通呈“网格状”布局在浦东新区主城外围，深入城市中心城区线路较少；三是城市轨道交通格局分布靠近主城区密集、覆盖较好，外围片区覆盖较少。

3.1.2. 线网布局思路

在系统解读国家战略要求基础上，从目标导向、问题导向、需求导向和功能导向等多方面进行思考，优化对外运输通道，提升市域轨道交通骨干地位，“分类解析、分层叠加”，布局浦东新区多层次线网。

1) 目标导向

一是符合“引领区”城市发展定位。党中央、国务院发布《关于支持浦东新区高水平改革开放打造社会主义现代化建设引领区的意见》，赋予了浦东打造社会主义现代化建设引领区的重大历史使命，这要求浦东具有世界级的大交通基础设施，要进一步联动国内外，推动长三角地区交通基础设施互联互通。一是需要提升浦东国际机场集散效率，有必要提升轨道交通集散占比；二是加快建设浦东新区对外辐射长三角核心城市的直达铁路，更好服务长三角世界级产业集群建设和更高质量一体化发展。

二是支撑城市空间结构。从线网形态来看，根据相关研究，对于“中心+组团”都市圈，宜采用“环+放射”网络形态。浦东新区环江抱海，为全国门户，地理位置优越，城市整体呈狭长状纵卧于上海东部，陆家嘴等沿江片区为城市中心，其主城靠近西北端且东向临海，浦东新区适宜采用“放射状”路网。

2) 问题导向

一是浦东新区与长三角城市联系需穿越中心城，与长三角及以远城市联系不便。二是轨道交通网络覆盖不足，在主城城市轨道交通覆盖密度较高，在浦东中部地区以及南汇新城，城市轨道交通覆盖率较低。三是市域轨道交通并且呈“网格状”布局在城市外围，并且与主城联系通道较少，难以实现南汇新城、迪士尼及惠南等重点城镇与主城的快速联系。

3) 需求导向

对于浦东新区这样引领全国、面向全球的改革开放引领区，客流出行特征会呈现大体量、高强度、多样化、强时效的特点。根据不同层次轨道交通的特征，分层次解决不同距离、不同类型、不同频率的出行需求，有必要完善浦东新区轨道交通多层次体系。

4) 功能导向

浦东新区轨道交通供给网络应该按照“高铁+城际+市域+城市轨道交通”的模式供给，高铁、城际主要服务于浦东衔接国内国外大循环等商务、旅游等呈走廊分布的客流，市域轨道交通服务浦东与浦西间及浦东内部新城(新市镇)与主城间向心性、大体量的通勤、商务客流，城市轨道交通以服务城市中心短途出行为主。

3.1.3. 规划方案

依托既有路网，采用“分层布网、逐层优化、统筹联动”的规划方法，得到本次线网规划方案。

1) 高铁、城际层次

根据上海枢纽总图规划，上海市未来将形成“5方向、12干线”的铁路网络格局。浦东新区将以上海市对外通道为依托，整体仍形成“5个方向(南通、南京、湖州、杭州、宁波)”的高铁、城际网，但由于浦东新区现状对外直达通路少，现状对外出行均需绕行中心城，规划年实现顺畅的对外联系、满足上海大都市圈内1小时直达是关键。因此对“5个方向”规划年的铁路网进行优化，打通瓶颈路段，调整建设时机，以湖州方向和宁波方向为例。

① 湖州方向。规划年浦东新区与该方向交流，若通过机场联络线至沪苏湖铁路，需在上海虹桥站换乘(见图 2)；若通过机场联络线 - 南站支线可以实现直通，但南站支线穿过主城核心区，建设代价较大；因此建议尽快建成东西联络线，实现该方向的直接连通。东西联络线建成后，一方面对浦东沿线市域客流具有直接带动作用，另外可实现浦东与湖州方向直达，与杭州方向多点直达；且可将该方向交流时间由现状的 2.5~3 h，缩短至 1.0 h。



Figure 2. Passenger exchange planning scheme between Pudong New Area and Huzhou direction
图 2. 浦东新区与湖州方向旅客交流规划方案

② 宁波方向。现状上海与宁波间没有铁路直接连通，均需绕行杭州，上海至宁波通达时间约 1.8~2.8 h，而浦东至宁波需要 3~4.5 h。沪乍杭铁路开通后浦东与宁波间交流将缩短至 1.2 h，仍不满足上海大都市圈 1 h 通达的时效要求。建议远景年适时规划建设沪甬(舟)铁路，建成后该方向交流将缩短至 0.5 h，实现浦东与长三角金南翼地区快速对接，真正发挥浦东引领区作用。

③ 规划方案汇总。本次研究充分利用上海对外铁路通道，补强内部通路。最终形成“5 方向、3 干线、2 联络”的总体格局。其中“5 方向”是南通、南京、湖州、杭州、宁波 5 个方向，“3 干线”是沪通铁路、沪乍杭铁路、沪甬铁路，“2 联络”是机场联络线、东西联络线。该规划方案对沪乍杭铁路、东西联络线建设年度都进行了优化，明确了东西联络线、机场联络线对于浦东对接浦西，从而实现与南京、湖州、杭州等方向联系的重要性。

2) 市域轨道交通层次

市域轨道交通层次是本次规划的重点之一。现状浦东新区已建成市域轨道交通仅有 16 号线，但该线路偏长、设计速度低、大站车及直达车开行较少，旅行时间长，并且线路进入主城后需在龙阳路站换乘，换乘站压力较大，整体来看无法满足南汇新城与主城区间的向心性客流需求。此外根据既有规划市域线网呈现“网格状”布局在城市外围，与浦东中心城区联系依旧薄弱，且对自贸区临港新片区建设及浦东中部迪士尼国际旅游度假区等地快速发展的支撑力也不足。

为解决以上问题，组合优化曹奉线和原规划地铁 27 号线。将曹奉线由串联城市外围组团的联络线，调整成服务新城与主城间的一条“放射”线(见图 3)；通过将 27 号线延长去覆盖奉城(自贸新片区核心之一)，弥补曹奉线调整后对奉城的影响(见图 4)，并且新增了又一条南汇新城去往主城的“放射”通道(经 27 号线，衔接既有规划南枫线)。

最终规划形成“5 射 6 联”的市域轨道交通网络。其中重点优化了曹奉线、27 号线线路走向，并在考虑更好地适应客流互联互通需求及更好实现运维资源共享等理想化条件下，优化调整了 27 号线、机场快线等线路制式为国铁制式。



Figure 3. Schematic diagram of route optimization of Caofeng line
图 3. 曹奉线优化前后线路走向示意图



Figure 4. Combination optimization diagram of Caofeng Line and Metro Line 27
图 4. 曹奉线和地铁 27 号线组合优化示意图

3) 城市轨道交通层次

以承接城市轨道交通建设规划为前提，围绕浦东中心区城市轨道交通留白区域、浦东中部地区及南汇新城等路网空白较大、接驳需求高的区域补强中低运量轨道交通，在规划区域内总体形成约 300 km 的中低运量网络，最终形成规划方案见图 5。



Figure 5. The multi-level rail transit planning map of Pudong New Area
图 5. 浦东新区多层次轨道交通规划图

3.2. 融合发展规划方案

3.2.1. 功能融合

浦东新区多层次网络中高铁、城际、市域(郊)轨道交通存在功能融合,体现为利用高铁开行城际列车、国铁车下线至市域(郊)铁路开行、利用干线富余能力开行市域车。

利用高铁开行城际列车。如沪通铁路,一方面是浦东与南通、扬州等苏北地区城际客运通道,同时又是国家“八纵八横”之沿海通道的组成部分;此外,沪乍杭铁路、沪甬(舟)铁路等,都兼顾城际与中长途客流。

国铁车下线至市域(郊)铁路开行。如在建机场联络线、规划东西联络线(见表 2)。此外还可利用沪通铁路等线路富余能力开行市域(郊)列车。

Table 2. An example of urban (suburban) railway function integration in Pudong New Area

表 2. 浦东地区市域(郊)铁路功能融合示例

线路名称	市域功能	路网功能
机场联络线	沿线市域客流承载线路;上海城市内部换乘至两场、三站的城市轨道交通系统。	长三角核心区直通浦东的快速轨道交通系统。
东西联络线	沿线市域客流承载线路;上海城市内部连接浦东与松江地区的市域快线。	苏南、浙北地区直通浦东的快速轨道交通系统。

3.2.2. 制式转换

为充分适应市域轨道交通服务都市圈商务和通勤客流的功能特点,发挥其大运量、快速度的优势,针对互联互通需求量大、资源共享效率高的线路,建议统一线路制式。调整制式后,将更好地实现整备、运维等资源共享,增加相关市域线路互联互通便捷性,形成市域线网规模效应。

本次规划优化调整机场快线、27 号线、19 号线线路制式采用国铁制式,实现与南汇支线、南枫线、南站支线、曹奉线、东西联络线等线路的跨线运营。

3.2.3. 站城融合

1) 枢纽节点接驳方案

研究年度,新区范围内的枢纽可分为三级。其中一级枢纽为上海东站、浦东国际机场站,将实现四网换乘接驳,并且在浦东国际机场站还可实现南汇支线与机场联络线的跨线运营;二级枢纽为龙阳路站、迪士尼站、三林南站、四团站等,将可实现两网或三网的便捷换乘,在四团站还可实现沪舟甬铁路、沪乍杭铁路等线路的跨线运营;三级节点车站,大都可实现市域(郊)网和地铁网等两网间的接驳换乘。

2) TOD 开发

不论是以上提到的实现不同层次网络融合的一、二、三级车站,还是各层次网络独立的车站,都应尽可能实现站点周边 TOD 融合发展。以车站为中心建设城市功能组团,提高车站对人口和产业的集聚作用,为出行旅客带来便利的同时,大量的客流在轨道交通站点集散又将为轨道交通运营企业带来收益,为城市招商引资等长远带来商机。

4. 规划效果

在贯彻落实国家战略和支撑城市发展方面,规划年度将有力支撑浦东新区高水平改革开放、打造社会主义现代化建设引领区;将更好发挥浦东龙头辐射作用、更好服务长三角一体化发展;更好地支撑自贸新片区和国际旅游度假区发展。

在覆盖效果方面,规划年度将实现浦东新区重要枢纽节点、5 万人口以上城镇以及国际旅游度假区等主要旅游景点全覆盖。浦东新区主城片区、中部片区、南汇新城各片区的轨道交通覆盖率都得到显著提升,随着曹奉线、27 号线、机场快线等线路的建设,规划年度各片区间的快速交流通道覆盖率明显提升。整体来看,浦东新区与浦西间、浦东对外交流、浦东内部交流等各层次的客流需求都将得到满足。

在网络时效方面,浦东新区与上海大都市圈城际交流将实现 0.5~1 h 通达;浦东与南通及以远、南京及以远、湖州及以远、杭州及以远、宁波及以远“五大”对外方向的长三角范围内基本可实现 2 h 内快速通达;浦东新区内部主城与新城、新市镇、重要交通枢纽节点间可形成 0.5~1 h 通勤圈。

5. 结语

多层次轨道交通规划是新时代轨道交通规划研究的重点方向之一,规划内容相较于传统区域路网规划关注区域干线连通以及与上层规划的衔接,更加关注各层次规划线网与城市发展的协调以及各层次轨道交通间的衔接连通。通过以上规划的实施,浦东新区干线更加通达、市域轨道网络更加发达、中低运量轨道交通更加便捷,将聚合形成一体衔接、互补联动的“一张网”。

参考文献

- [1] 潘昭宇. 多层次轨道交通规划技术体系研究[J]. 铁道标准设计, 2022, 66(5): 7-14.
- [2] 杨珂. 都市圈多层次轨道交通系统规划研究[D]: [博士学位论文]. 北京: 北京交通大学, 2017.
- [3] 潘昭宇, 张天齐, 唐怀海, 等. 多层次轨道交通“四网融合”体系研究[J]. 交通工程, 2020, 20(4): 1-8. <https://doi.org/10.13986/j.cnki.jote.2020.04.001>
- [4] 李焕海, 胡雪霏. 多层次轨道交通互联互通融合发展的思考[J]. 城市轨道交通, 2023(8): 52-54.
- [5] 赵长石. 都市圈多层次轨道交通网络规划发展对策研究[J]. 工程建设与设计, 2023(8): 61-63.
- [6] 于晓桦, 曹福锐, 郝志良, 等. 都市圈多层次轨道交通网络合理规模研究[J]. 山东建筑大学学报, 2023, 38(1): 88-94.
- [7] 国务院. 国务院关于改革铁路投融资体制加快推进铁路建设的意见(国发[2013]33 号文) [EB/OL]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2013-08/16/content_3712.htm, 2022-05-13.
- [8] 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]. https://www.ndrc.gov.cn/fzggw/jgsj/zcs/sjdt/201706/t20170628_1145577.html, 2022-05-13.
- [9] 国家发展改革委. 关于培育发展现代化都市圈的指导意见(发改规划[2019]328 号) [EB/OL]. https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/tz/201902/t20190221_962397_ext.html, 2022-05-13.
- [10] 国务院办公厅. 关于印发交通运输领域中央与地方财政事权和支出责任划分改革方案的通知(国办发[2019]33 号) [EB/OL]. https://www.gov.cn/zhengce/content/2019-07/10/content_5407908.htm, 2022-05-13.
- [11] 国务院. 交通强国建设纲要[EB/OL]. https://www.gov.cn/zhengce/2019-09/19/content_5431432.htm?eqid=eaa6c4bb0010b55d00000066476b448, 2022-05-13.