

多层次轨道交通引入铁路枢纽线站位方案研究

王家琦

中铁工程设计咨询集团有限公司

摘要: 建设四网融合的综合交通枢纽, 铁路客运站需要合理引入城际、城市轨道交通等其他层次线路, 为研究多层次轨道交通引入铁路枢纽的线站位方案, 首先分析了线路路由通道、车站站位、车站站型等线路设计的3个主要技术问题, 之后提出采用分层优化的设计方法, 并以苏州南站为例进行验证研究。结果表明, 多层次轨道线路引入铁路枢纽的线站位方案应首先考虑换乘功能的便捷性, 对于交叉跨越共站类型的铁路枢纽, 两线斜穿高铁节点方案换乘便捷、与规划结合较好; 车站站位站型方案需考虑客流需求、对铁路的影响、实施难度和投资等因素, 并满足多层次线路建设运营的差异化需求。

关键词: 铁路枢纽; 多层次; 轨道交通; 换乘衔接; 线站位

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.17.050

近年来, 建设以铁路客运站为中心的综合客运枢纽, 推进轨道交通“四网融合”, 是新时代我国建设交通强国的重要发展方向。对轨道交通引入铁路枢纽的技术问题, 王小红^[1]、徐满满^[2]等研究提出城际轨道交通引入的原则、衔接方式及方案评价方法等; 覃喬^[3]、毕湘利^[4]等对城市轨道交通引入的功能定位、客流需求、设站原则、衔接模式等问题进行了深入研究。但既有研究大多基于城际或城市轨道交通某一个层次, 而整体考虑不同层次线路引入铁路枢纽的线站位设计方法研究较少。苏州南站规划建设成为践行四网融合理念的新型铁路综合枢纽, 以下借鉴相关文献的研究成果, 并结合该案例, 对多层次轨道交通引入铁路枢纽的线站位方案研究过程进行归纳总结。

一、多层次轨道交通的内涵和分类

近年来我国轨道交通事业发展迅速, 根据服务圈层的不同, 呈现出多层次发展的显著特征, 参照《交通强国建设纲要》等文件的指导意见, 我国多层次轨道交通主要由干线铁路、城际铁路、市域(郊)铁路、城市轨道交通组成。

干线铁路(高速铁路、普速铁路)为联通全国各大区域的骨干铁路, 承担全国范围的客货运输, 服务各城市群之间的联系, 以中长距离出行为主。

城际铁路为城市群层次的区域轨道交通系统, 连接区域内两个或多个城市, 服务城市群内部各城市、重点城镇间的快速联系, 并对干线铁路形成补充; 客流出行长短距离兼有, 以短途客流为主。列车运行速度一般为160~250km/h。

市域(郊)铁路为都市圈层次的轨道交通系统, 介于干线、城际铁路与城市轨道交通之间, 服务于城市中心区与郊区、卫星城及市域范围中小城镇之间的出行, 客流出行距离一般为50~100km, 以通勤出行为主。最高速度为80~160km/h。

城市轨道交通为中心城市城区层次的轨道交通系统, 服务城区内部出行为主, 适当兼顾部分外围组团联系; 出行距离一般小于35km, 目的以通勤、娱乐、休闲为主。最高速度通常不超过120km/h。

本文主要研究的是城际铁路、市域铁路、城市轨道交通不同层次的两条或多条线路引入干线铁路枢纽站时, 确定线站位的主要方法。

二、引入方案线路设计主要技术问题

(一) 线路引入的路由通道

在枢纽片区乃至城市空间布局的宏观尺度上确定各线路的路由通道方案是引入方案线路设计的第一步。枢纽周边地区的城市规划是研究路由方案重要的基础条件, 需要以本线的线路走向为基础, 结合城市用地规划、交通规划、线网规划, 合理确定在枢纽片区的线路路由方案, 满足沿线主要客流集散点及TOD开发区域的需求。

铁路线路及站房也是轨道交通引入方案极为重要的制约因素, 处理好线路路由与铁路工程的关系, 是站位方案能够实现良好换乘功能的基础, 也极大地影响引入工程的建设难度和投资。受其影响, 线路引入的路由通道一般可以归纳为平行铁路和垂直铁路两类方案。

平行铁路方案若铁路站场空间充裕, 轨道交通前后区段路由与铁路一致, 可采用并场布置方案, 与铁路同步实施或预留, 这也是传统条件城际铁路引入枢纽的常用方案, 但多层次轨道交通需要考虑运营管理的特殊需求; 若受制于空间的限制, 需要在平面或竖向立体空间上将线路与铁路设置在不同位置, 如站前道路敷设或同路由地下敷设。

垂直铁路方案泛指考虑各控制因素后, 以较大的角度与铁路相交通过的路由方案, 这样多层次轨道之间实现立交, 线路管理分界清晰, 并可尽量缩短线路与铁路相互影响的区段长度, 降低建设运营管理的难度, 也是引入线路最常用的路由通道。

(二) 车站站位方案

实现“零距离”换乘是建设现代铁路综合交通枢纽的核心功能需求, 而车站站位是实现该功能至关重要的前提, 同时也是影响引入工程实施难度的主要因素, 是线路设计在综合枢纽微观布局上需要解决的主要问题。

在路由通道基本确定的前提下, 车站站位方案主要体现在与铁路工程的相对位置关系上。平行铁路并场设站的车站站位主要受铁路站场方案控制; 而平行铁路非并场设站或垂直铁路情况, 考虑与铁路站房的位置关系, 车站站位主要有铁路站房内设站和站房外设站两种^[5]。

平行铁路并场设站或铁路站房内设站的换乘功能较好, 但与铁路的管理界面交叉, 建设运营协调难度较大。铁路站房外设站的轨道交通与铁路管理界面较清晰, 便于分期实施, 建设运营难度小, 但二者换乘功能较差, 不利于四网融合。

(三) 车站站型方案

车站站型方案是多网融合综合交通枢纽微观层面乘客换乘流线的主要影响因素，也对土建实施方案产生较大影响，是线路设计需要进一步研究的细部问题。由于周边环境、枢纽布局、施工方法等差异，车站站型十分多样，难有一定之规，以下对常见站型进行分析。

单条线路的车站站型主要有岛式车站和侧式车站。岛式车站双方向站台共用，可利用站台面积调剂双向客流，有助于应对大客流情况，且乘客使用方便，宜优先采用；侧式车站由于线间距较小，区间结构宽度小，与铁路立交时具有优势，但使用功能较差，采用地下敷设时，对区间工法的选择影响较大。

多条轨道交通组成的换乘车站可参考城市轨道交通换乘站常用站型方案，如T型换乘、L型换乘、平行换乘、同站台换乘、叠岛换乘等。

与单层次轨道交通换乘车站不同，多网融合综合枢纽应当注意考虑多运营主体的管理需求，特别是付费区换乘的必要性和可行性应当充分论证，尽量为灵活适应不同的管理方式预留条件。

三、研究思路

引入枢纽的线站位方案设计需解决路由通道、车站站位、车站站型三个主要技术问题，每个问题存在多种解决方案，交叉组合可形成多个设计方案，为了从众多方案中更加科学快速地确定推荐方案，本次研究采用“线”“点”分层优化的思路，首先以枢纽周边大区域作为研究范围，考虑线路条件、换乘功能、规划协调性、对铁路工程的影响等因素，对轨道交通引入的路由方案进行多方案比选，确定推荐方案；之后聚焦枢纽核心地区的空间布局，结合多层次轨道交通管理需求，进一步研究车站站位、站型方案，优化换乘衔接，完善实施方案，最终确定合理的线站位方案。

四、案例分析

(一) 苏州南站枢纽概况

苏州南站位于长三角生态绿色一体化发展示范区内，地处两省一市交汇的黄金腹地，沪苏湖铁路和通苏嘉甬铁路两条高速铁路在此交汇，是长三角一体化建设的重要交通节点。

其中沪苏湖铁路车场位于下层，通苏嘉甬车场以桥梁形式上跨沪苏湖车场。规划站房主要位于东南象限，并与其他象限土地通过线上和地下空间一体化开发，整合为六边形的枢纽综合体，形成立体、集约的站城融合枢纽（见图1）。



图1 苏州南站枢纽综合体

苏州市吴江区以苏州南站为中心，规划建设高铁科创新城，可开发地块规划以居住用地和商业用地为主。南站周边现状主要为农林用地、村庄建设用地、部分工业用地及三白荡、元鹤荡等水域。

(二) 规划引入线路概况

根据长三角多层次轨道交通规划和苏州轨道交通网规划，苏州南站规划引入水乡旅游线城际铁路（简称水乡线）和苏州地铁10号线（见图2），合理确定两个层次线路的线站位方案对苏州南站打造四网深度融合的交通枢纽具有重要意义。

水乡线吴江段线路自水乡客厅站引出，经苏州南站后继续向西，与如通苏湖铁路共线，并设引入吴江站的联络线。设计最高速度160km/h，车辆采用CRH6型动车组，4辆和8辆编组混跑。

苏州10号线整体呈南北走向，本段线路自梅石站引出，经苏州南站后继续向东，至莘塔片区。设计最高速度120km/h，采用市域A型车6辆编组。

(三) 线路引入的路由通道比选研究

苏州南站是两条铁路交叉跨越共站形成的新型铁路枢纽客运站，两条相交铁路使苏州南站枢纽片区的空间布局与传统铁路客运站有显著差异。除常用的平行、垂直铁路外，斜穿铁路立交节点的路由方案采用垂直站房的角度引入枢纽，并结合站房设站，可使枢纽地区布置方案高度对称均匀、换乘便捷，也是本项目重要的路由备选方案。

基于上述单一线路典型路径方案，两条引入线路可采用不同的组合方案，以下结合高铁科创新城规划、两条高铁设计方案、轨道交通规划条件以及沿线控制因素，重点研究比较四个总体方案。

(1) 两线斜穿高铁节点方案（方案I）

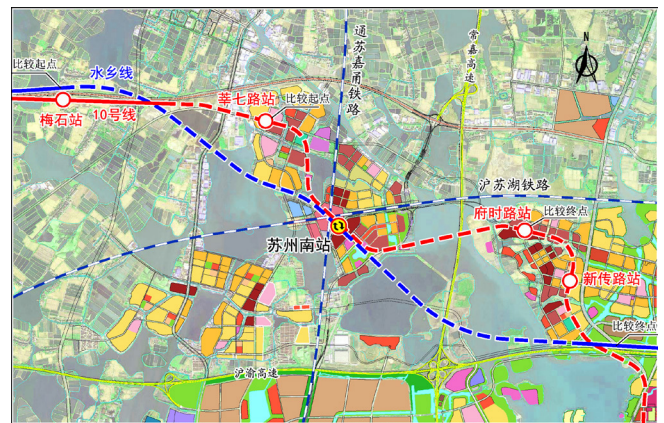


图2 方案I线路示意图

本方案两条轨道交通均斜穿铁路立交节点（见图2）。10号线自比较起点莘七路站引出，后转向东南，斜穿两条高铁立交节点后与水乡线平行设苏州南站。后转向东，下穿三白荡至比较终点府时路站。比选段线路长5.20km，均为地下线。

水乡线自比较起点向东沿吴江大道敷设，入地后转向东南，斜穿高铁立交节点后，设苏州南站。出站后下穿三白荡，至比较终点。比选段长度9.50km，其中地下线8.87km，高架线0.63km。

(2) 两线并行沪苏湖铁路地下方案（方案II）

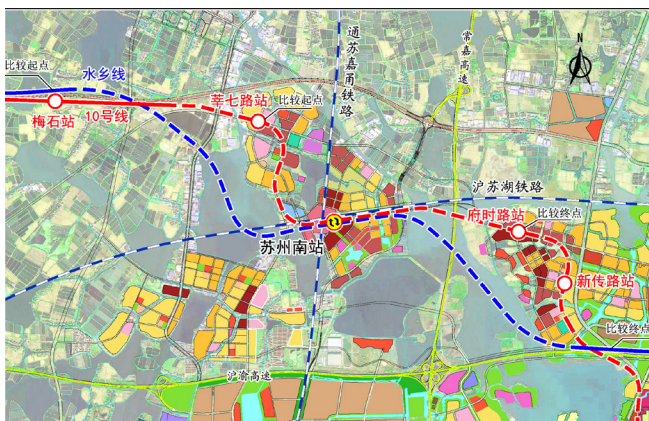


图3 方案II线路示意图

本方案两条线路自比选起点均先转向南，分别下穿沪苏湖铁路后转向东，与沪苏湖铁路平行引入枢纽，在铁路南侧并行设站。出站后继续向东，下穿三白荡至比选终点（见图3）。10号线比选段线路长5.33km，均为地下线。水乡线比选段线路长10.09km，其中地下线9.46km，高架线0.63km。

(3) 10号线斜穿、水乡线并行沪苏湖铁路方案（方案III）



图4 方案III线路示意图

本方案水乡线为高架敷设，与沪苏湖铁路平行引入、并场布置，10号线采用斜穿铁路立交节点的组合方案（见图4）。水乡线因采用高架敷设，工程投资小，但与沪苏湖并场布置，对站房方案影响较大，交通廊道较宽，用地增加，城市阻隔作用加大。且高架跨越湖荡和莘塔片区，对城市规划和景观影响较大，严重影响该区域保护生态优势的规划愿景，因此该方案研究后直接舍弃。

(4) 两线于枢纽综合体南侧引入方案（方案IV）

为简化与铁路的交叉界面，减小对铁路工程的影响，本方案两条线路均与铁路垂直引入枢纽，并与站房脱离（见图5）。两条线路自比选起点均先转向南，分别下穿沪苏湖铁路后转向东南，并行垂直下穿通苏嘉甬，在枢纽综合体南侧设苏州南站。出站后继续向东，下穿三白荡至比选终点。10号线比选段线路长5.36km，均为地下线。水乡线比选段线路长9.55km，其中地下线8.92km，高架线0.63km。



图5 方案IV线路示意图

(5) 方案比选及推荐意见

由于方案III经研究予以舍弃，对其他三个方案主要工程数量、投资及优缺点进行比较（见表1）。

表1 线路路由方案比较表

比较项目	方案I		方案II		方案IV	
	10号线	水乡线	10号线	水乡线	10号线	水乡线
线路长度/km	5.20	9.50	5.33	10.09	5.36	9.55
投资差额/亿元	--		+3.15		+0.64	
与规划协调性	较好		交通廊道宽，用地规划影响大		对站房东南侧用地的切割严重	
换乘衔接功能	换乘便捷		换乘便捷		换乘距离较远	
铁路交叉节点	工程难度较大		工程难度较小		工程难度小	
铁路站房影响	较小		较大		较小	

综合以上分析，方案II、IV工程难度较小，但对周边规划有重大影响，并损失部分使用功能，不能适应示范区的发展要求。方案I（两线斜穿高铁节点方案）虽然铁路桥梁跨度较大，节点工程难度较高，但是两条轨道线路顺直，与用地规划协调性较好，与铁路换乘便捷，有利于形成四网融合的综合交通枢纽，且工程投资较省，着眼长远，该方案经济社会效益较好，因此本次研究推荐方案I。

(四) 车站站位及站型方案比选研究

在确定路由方案采用两线斜穿高铁节点方案后，为优化枢纽设计方案，综合考虑多层次轨道交通的车站使用功能、运营管理^[6]、工程可实施性、工程投资等因素^[7]，进一步研究两线苏州南站的站位及站型方案，重点比选以下三个方案。

1. 方案说明

(1) 双岛四线方案（方案I-1）

两线向东南方向下穿铁路立交节点，在站房下方分别设置岛式站台车站，见图6。站台层设置于地下二层，站厅层与城市通廊和国铁出站层设置于地下一层。本方案两条轨道交通的线路条件和车站功能较好，但下穿铁路的结构宽度较宽，两条铁路的桥梁跨度较大；

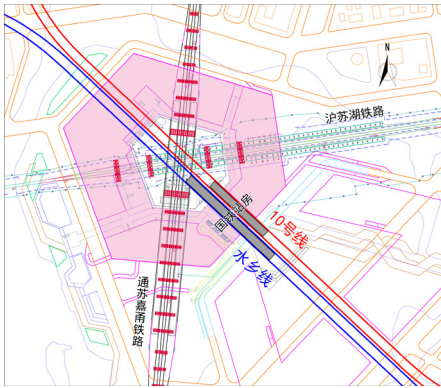


图6 双岛四线车站方案示意图

(2) 侧式站台方案 (方案 I-2)

两线下穿铁路立交节点后，在站前广场下方分别设置侧式站台车站，见图7。站台层设置于地下二层，站厅层与城市通廊和国铁出站层设置于地下一层。相比岛式方案，侧式车站左右线线间距较小，车站位于广场下方，设曲线可进一步收窄四线宽度。且仅区间下穿铁路站房和站场，轨道交通车站与铁路站房可分期建设，相互影响小。

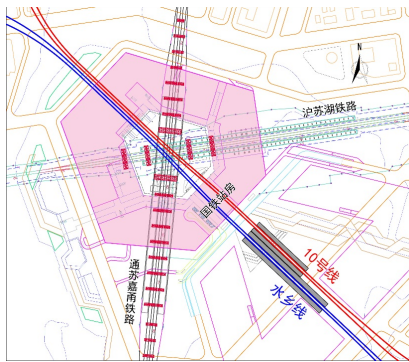


图7 侧式站台车站方案示意图

本方案降低了铁路工程的难度，但是线路条件较差，换乘距离较远，侧式车站使用功能差，建筑规模大，明挖区间较长，轨道交通工程总投资较大。

(3) 叠落岛式方案 (方案 I-3)

水乡线和10号线在下穿铁路之前，区间调整为上下叠落布置，下穿铁路立交节点后，设置叠落岛式站台车站，见图8。10号线站台在地下三层，水乡线站台在地下二层，站厅层与城市通廊和国铁出站层设置于地下一层。

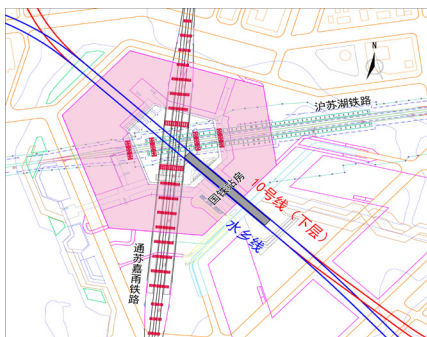


图8 叠落岛式车站方案示意图

区间叠落后的结构宽度较小，两条铁路跨越的难度降低；但城际铁路和地铁线路须采用付费区换乘，设置了多层次线路统一管理的前提要求，预留工程的灵活适应能力差，且工程实施难度大。

2. 方案比选及推荐意见

综合以上分析，叠落岛式方案的功能受限、工程难度较大，且不能灵活适应两种层次线路采用不同的管理模式；侧式方案车站功能较差，轨道交通总投资较大。双岛四线方案（方案 I-1）虽然铁路桥梁的跨度较大，但该方案的车站使用功能最好，换乘便捷，为未来地铁和城际铁路管理模式选择提供了灵活性，较好地协调了铁路和轨道交通的工程难度和投资，实现综合最优，因此本次研究推荐双岛四线方案（方案 I-1）。

五、结语

以苏州南站为代表，构建四网融合的综合交通枢纽已成为新时代交通强国建设的重要发展趋势，在研究该类综合枢纽引入多层次轨道交通的线站位方案时，可采用路由通道方案和车站站位站型方案分层优化的方法，设计出换乘便捷、技术可行、经济合理的轨道交通引入方案。

(1) 该类铁路客运站通常位于规划新区，线路引入路由通道方案及敷设方式的选择应重视与周边区域规划的结合，加强与城市规划的良性互动。

(2) 确定轨道交通线站位方案时，应深入结合铁路工程方案，首先考虑轨道交通与铁路换乘的便捷性，其次考虑节点工程的实施难度，协调好铁路与轨道交通工程的可行性。

(3) 选择多层次轨道交通引入枢纽的站型方案时，除客流使用功能、对铁路的影响、实施难度和投资等因素，还应考虑线路的管理体制是否存在差异，确保设计方案满足多层次轨道交通建设运营管理的不同需求。

参考文献

[1] 王小红. 城际铁路引入枢纽地区交通衔接方式的探讨[J]. 铁道运输与经济, 2013, 35 (7): 28-32, 38.

[2] 徐满满. 城际轨道交通引入枢纽地区车站选址方案比选研究[D]. 陕西: 长安大学, 2013.

[3] 覃裔, 龙俊仁, 宗传苓. 深圳市福田站综合交通枢纽规划研究[J]. 都市快轨交通, 2011 (05): 21-26.

[4] 毕湘利, 毕艳祥. 虹桥综合交通枢纽城市轨道交通方案研究[J]. 城市轨道交通研究, 2006 (12): 27-31.

[5] 梁雪娇. 基于多条城市轨道交通与规划铁路枢纽站衔接的线站位研究[J]. 铁道标准设计, 2019 (10): 44-49.

[6] 陈丽. 轨道交通四网融合探讨[J]. 铁道工程学报, 2022, 39 (06): 1-3+10.

[7] 伍丽蓉. 城际轨道交通多线引入的枢纽站设计理论与方法研究[J]. 铁道经济研究, 2012 (4): 21-27.

作者简介: 王家琦, 男, 硕士, 工程师, 主要研究方向: 轨道交通线路规划与设计。