

轨道交通换乘车站的一体化融合设计

兰钰杰

中铁第六勘察设计院集团有限公司

摘要：作为近年来被大力推广的新型轨道交通制式，市域铁路自网络规划起，就决定其无法在其他轨道交通中完全独立存在。为与城市发展需要相适应，实现新一轮城市发展目标，需要在线网功能层次中，创建局域线、市域线以及市区线等不同层次轨道交通网。而城市轨道交通换乘车站一体化融合设计，一方面有助于提升综合轨道网络整体效益与效率，另一方面也可以为乘客带来更为便捷、舒适的出行体验，对实现城市铁路可持续发展 and 打造轨道上的城市圈极具深远意义。本研究主要从建设规划、建筑防火及换乘组织层面，重点探讨一体融合设计问题和解决方案。

关键词：城市轨道交通；换乘车站；一体化；融合设计

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.02.060

引言

我国社会经济在近些年取得了迅猛发展，大众生活水平逐渐提升，以车代步出行的人越来越多，机动车数量也随之增多，造成大中城市环境污染、交通堵塞及出行不便等问题频发，相对于不能解决旅客运输需要的小型运输方式，大容量铁路具有节约能源、大容量和节约土地等优点；它具有安全、全天候、低污染等优点，在目前阶段已经得到了广泛的重视和推广。特别是在地铁网络建成之后，如何方便、合理地实现地铁网络的功能优化具有十分重要的作用。本研究主要从建设规划、建筑防火及换乘组织层面，重点探讨一体融合设计问题和解决方案，以期能够实现城市轨道交通换乘的顺利实施。

一、轨道交通换乘车站一体化设计原则

当前轨道交通换乘车站一体化设计应遵循专用性一体化原则、通用性一体化原则。其中，通用性一体化原则是根据各种设备和管理用房通用特点展开编制。设备用房可合并，两线换乘车站面积是标准车站的1.5倍，而三线换乘车站的面积是标准车站的2倍，具体设备用房包括通信设备室、车控室、民用通信设备室、警务室、综合监控室等。设备用房无法合并，需要分线设置的设备用房包括：屏蔽门控制室、跟随所、信号设备室、混合变电所、牵引变电所等。专用性一体化原则主要是针对轨道换乘车站原换乘关系紧密、设计未考虑一体化设计，在预留工程施工期间，需要调整原设计方案的一体化设计原则，通常适用于十字形、L形、T形和重叠三层车站。

二、轨道交通换乘车站一体化应用范围和分类

根据地铁的施工特点，将其划分为预留、同期及后三种类型。其中预留设计主要是换成车站设计之初，就是根据远期工程预留考虑，这种轨道交通换乘车站可遵循通用性一体化原则实施换乘预留设计。然而，依照当前我国实际情况、工程建设时序考虑，预留设计并不是都选择一体化。如果明确预留工程建设时序，而且是线路比较稳定的换乘车站，可选择一体化设计，例如，北京地铁4号线，原计划为九号线双岛四线换乘站的国家图书馆站，其建造时间是确定的。同步设计指的是在地铁施工时序上具有一致性的换乘站点，这类站点必须满足通用集成的要求，比如红岭站，即深圳地铁7号线和9号线的换乘站点。而后端设计是整个设计过程中的一个重要步骤，按照初步设计，又可划分为三种类型：预留节点、不完全预留节点和无预留节点。其中预留节点设计轨道交通换乘车站若设备机电技术标准和原设计保持一致，可遵循通用性一体化原则设计，若技术更为先进，设备也更集约化，因此，必须遵守专用性集成的设计原理。无保留的结点可以按照规范的站点进行扩展，不完整的结点应该满足专用性集成的原则。

此外，城市轨道交通一体化设计过程中，一方面要考虑设计方案合理性，另一方面会受地面、地下等外部因素影响，其中地面有既有建筑物、江河湖和道路桥梁等，地下则有地下管线、地质情况及地下空间等，以上因素都会对轨道交通线路走向产生影响。

三、轨道交通换乘车站一体化融合设计

（一）轨道交通换乘车站建设规划一体化

1. 一体化融合设计的重难点

我国城市轨道交通和市域铁路交通一体化换乘建设规划的起步比较晚，目前还处在探索阶段，存在的问题主要在于：（1）国内早期交通建筑功能大多具有单一性特征，尤其部分交通建筑原本功能不同，通常却仅应用一种功能，交通建筑间缺乏必要联系。（2）由于对车站周围的换乘人流预测不准确，导致了在早晚高峰时段的换乘枢纽处出现了较为严重的拥挤现象。为保证列车运行的安全性，采用大走廊的换乘方式来减轻旅客对列车的影响，由此就不便于换乘^[5]。（3）在我国，公交、轨道交通与轨道交通属于三个不同的系统，各个系统之间的交流与沟通不足，导致了公交系统的运行效率低下。近几年，由于我国的城市铁路、轨道交通网络不断扩大，各个网络中的换乘节点也在不断地增多，基于这些网络节点建立了大量的换乘车站。轨道交通换乘车站一

体化融合设计是解决以上矛盾冲突的重要方法，这也是交通建筑的一个重要发展趋势。

2. 轨道交通换乘车站建设规划一体化融合设计

面对城市轨道和铁路交通换乘一体化发展问题，该研究提出以下解决方案：（1）将市域铁路导入中心城区，以外围单点换乘、中心城区多点换乘以及深入中心城区内换乘三种方式相连接，强化轨道通和市域铁路的“无缝对接”，对连接车站及线路进行精细规划，深入研究规划阶段的换乘，对换乘枢纽的布置进行了深度比较，重视预留接口，从而为实现高效、合理换乘衔接提供条件；（2）换乘空间一体化设计，是换乘车站建设所存在的核心问题，应尽可能选择立体布置形式，整合多条轨道交通线路在多层建筑中，各线路间经换乘大厅和各层间竖向交通达到换乘目的，尽量缩短轨道交通换乘距离，实现多种交通方式便捷换乘的综合交通枢纽，多层线路和站台布置典型工程案例为上海铁路机场所建设的虹桥枢纽站，该站是上海铁路机场联络线、嘉闵线的轨道交通换乘车站，能够在两站实现同台换乘，将公交、航空、铁路及地铁等交通方式融合为集中换乘，实现了换乘效率的提升，例如，2022年，北京继续加速推进铁路既有线路网络的优化升级，推动高速铁路干线、城际铁路、市郊铁路与地铁“四网融合”，同时，地面公交和轨道交通也实现了融合发展，通过公交移增站等方式，50米内换乘地铁的公交站占比将达84%；

（3）有效机制体制对铁路轨道交通健康发展具有促进作用。第一要强化路地双方合作，充分利用车辆维修、国铁线路、运营服务以及站场等资源，与票务系统相结合，全面推进既有铁路运营服务、市域铁路和国铁的互联互通。第二是要加强与周边省份的融合，突破行政屏障，建立起一种多维的规划、运输、政策和建设的协调机制。第三，要完善体制。健全常态和多级协作的工作排程制度，在综合开发站场周边、投融资以及运营考核等环节强化研究，确保城市轨道交通能够实现可持续发展。2022年，京津冀交通一体化在推进重大工程建设、加强基础设施“硬联通”的同时，促进了制度规则“软联通”，加速区域协调发展。在加强基础设施“硬联通”方面，2022年继续加快建设“轨道上的京津冀”——协调推进京唐城际铁路、城际铁路联络线一期建设，加快推进城市轨道平谷线建设。丰台火车站建成通车，同步建成丰台东路等10条段接驳道路，推进配套综合交通枢纽建设。推进朝阳火车站配套交通枢纽及地铁3号线建设。推进北京城市副中心交通枢纽及周边芙蓉东路建设。进一步提升路网辐射能力，建成通清路、西太路，完成京雄高速北京段主体工程，加快建设承平高速等重点项目。在国贸至北三县试点运行定制快巴，满足乘客多样化出行需求。实现北运河京津冀游船互联互通。

一体化建设规划既有助于提升换乘效率，便于人们交通出行，又有助于充分发挥空间功能，避免空间浪费，以实现低碳节能目标。整合式的换乘设计提倡从换乘空间来引导后面的地铁站建设，实现不同线路换乘的全面整合，确保各线路换乘实现无缝衔接，实现城市建筑空间换乘效率以及利用率的提升^[6]。

（二）轨道交通换乘车站建筑防火一体化

1. 一体化融合设计的重难点

现阶段，城市轨道交通消防设计内容有安全疏散、建筑耐火等级、防烟排烟、防火分隔和防烟分区、火灾自动报警、应急照明以及消防通信等，其中的重难点问题为车站消防。

城市铁路推导交通疏散距离、防火分区等环节有所不同，具体在地上车站防火标准领域体现出来，根据《铁路工程设计防火规范》和《建筑设计防火规范》的规定，对铁路站的消防设计进行了一定的借鉴。目前我国铁路站场的防火规范主要集中在人员疏散距离和防火分区等方面。依照城市消防部门建议，轨道交通消防需严格按照《地铁设计防火标准》执行。然而，对地铁和铁路合建的地上车站，如果选择共享站台与站厅的车站，应该采用何种规范化标准，是当前研究的重难点。

2. 轨道交通换乘车站建筑防火一体化融合设计

城市轨道交通领域消防规范各有差异，市域铁路多遵循《市域铁路设计规范》《铁路工程设计防火规范》标准，而城市轨道交通则多遵循《地铁设计防火标准》，并且设定有一系列建设与验收规范，例如，《建设工程消防设计备案、审查及消防验收文书式样》《建设工程消防设计验收管理条例》等。因为不同制式车站消防设计有不同的要求，在时域铁路和不同层次轨道交通一体化融合期间，应优先解决各自差异，具体为：

（1）对市域铁路车站的建筑防火标准，比较分析发现，和轨交车站的运营模式、功能布局基本一致，根据现阶段市域轨道交通工程消防意见，应直接以《地铁设计防火标准》《市域铁路设计规范》为执行标准。

（2）对特殊市域铁路地车车站建筑防火标准，在实施过程中，应当参照《铁路工程设计防火规范》的规定。

（3）对于轨道交通与轨道交通共用的地面站点，若采用了与车站共用的方式，必须按照《铁路工程设计防火规范》进行。当建筑物的耐火区域及特定的人员撤离间距超出规定范围时，应按照《建设工程消防审查验收条例》《建设工程消防验收、设计审查与备案式样》《建设工程消防设计审查细则》的规定，严格进行。

（三）轨道交通换乘车站换乘组织一体化

1. 一体化融合设计的重难点

轨道交通换乘车站的组织一体化问题具体表现为：客流均衡、换乘便捷性、运营安全。其中换乘便捷性为换乘组织一体化的核心，要尽量减少出行者换乘频次，

节约换乘时间，缩短换乘距离。影响换乘便捷性的相关因素，不仅在于土建换乘形式，而且还体现为：

(1) 票务系统一体化。城市轨道交通都会创建票务系统，铁路和轨道独立结算，甚至还会采取多元化票价体系，不同范围所通行票种也有所差异。通常票务系统会采用封闭式管理，对于外部换乘主要选择非付费区换乘，也就是说，自身体系中完成购票、进站、出站流程，再进入另一套轨道交通票务系统中。现阶段，国铁模式的市郊市域铁路、城际铁路和Wi城市轨道交通换乘都应用的是该模式。然而，市域铁路是城市轨道交通关键组成环节，其票务系统不同于国铁，所以在确定轨道交通换乘问题上应做好综合分析。若选用付费区转乘，由于两条线路的连接较为密切，采用多点换乘，在跨线乘坐时，乘客无法明确精准换乘位置，或者会通过市域高速运能，采用轨道交通线网内出发与抵达站点的轨道交通乘坐方式，这样的付费区转乘，会导致两个区域的界限不明显，难以对票款收入进行精准分割。若在免费区转乘，由于两个人都是采用了公交化的运行方式，并且大部分乘客都使用公交卡，很难满足客流换乘疏散需求，乘客要先出站，再进站，这就会对换乘效率产生影响。然而，非付费区转售的优点是：两个站点之间的网络票价体系相对比较平稳，并且票价收入的划分更加清晰。

(2) 安检互信一体化。以上海为例，上海视域铁路发展必然要和城际铁路、干线铁路、市域铁路以及城市轨道交通彼此衔接，以达到上海轨道交通换乘车站一体化融合目标。实现上海轨道和铁路交通换乘车站安检互信，此为安检一体化的重要问题。现阶段，目前，国内仅有少数几个站点具有城际轨道和主要线路的安全检查，分歧点主要在责任主体划分、案件尺度等环节，目前安全检查中相互信任的转乘点以主干线路转乘一次安全检查为主。

2. 轨道交通换乘车站换乘组织一体化融合设计

(1) 票务系统一体化融合设计方案。因为票价票制具有不一致性，会对换乘方式产生直接性影响，现阶段与轨交创建土建付费区的车站并不少，通过分析现阶段技术成熟度发现，城际轨道交通与城市轨道交通难以在收费区域内进行有效的换乘，因此，优化的方法是在公交线路设置能够为旅客提供扫描、验证和标识的设施。城市轨道交通与城际轨道交通在没有政府补助的情况下，将采取差别化的票额制。在收费的换乘渠道中，可以使用的车票种类以电子车票和公共交通卡为主，它可以完成如下的售票管理：第一，城市内的车站——城市轨道交通的换乘站——城市轨道交通的站点，这个站点的换乘节点比较清楚，而且接口也比较清楚。第二种是城市轨道交通的转乘站，可以确定旅客使用的交通服务，并可以获得相应的票价。第三种是国家铁车站到轨

道交通站点，可以隔离国铁车票进入国铁。处理换乘方式环节，需要借鉴西方发达国家的一体化方案，也就是选择不同票务系统主体换乘票卡种类相统一的方式，科学设置付费区轨道交通换乘设施，符合清分结算需求。依照市域铁路情况，同时结合国铁互联互通、自助发售单程车票特性，实现票卡种类的统一，明确最佳通用票卡，以符合轨道交通付费换乘需求。

(2) 安检互信一体化。城市轨道交通安检系统严格遵循“人机结合、逢包必检、液体必检”原则开展工作，为我国高铁与地铁安全检查的相互信任提供了依据。在安检服务、设施设备等均符合安检律法规定的前提下，需要城市交通委与市管企业相结合，和干线铁路运行部门，一起协商制定安检互信措施，创建初步管理条例，明确责任主体，及时向公安部、国铁集团上报，最终共同制定安检互信协议。例如，2021年，天津市通过对天津站、天津西站和滨海西站的三大客运枢纽的改造，完成宝坻南站和北辰站和京滨城际轨道上的空港站的改造，构建一个以高效率的运输服务为核心的“微中心”。加强干线铁路、城际铁路、市域（郊）铁路和城市轨道交通“四网融合”，促进现有车站与城市轨道交通的便利转换，推进新的高速铁路城际车站与城市轨道交通的同步规划，并逐渐实现票制互通，安全互信，信息共享，支付兼容。推进火车站与周围区域的“站城一体”发展，发展高速铁路的枢纽经济。

四、结语

总而言之，城市轨道交通换乘车站一体化融合设计，一方面有助于提升综合轨道网络整体效益与效率，另一方面也可以为乘客带来更为便捷、舒适的出行体验，对实现城市铁路可持续发展和打造轨道上的城市圈极具深远意义。

参考文献

- [1] 赵俊骥. 上海市域铁路与轨道交通换乘车站一体化融合设计[J]. 世界建筑, 2022 (z1): 101-103.
- [2] 冯小学. 狭窄用地空间下与环境共生的京张高铁清河站设计创新[J]. 铁道标准设计, 2022, 66 (1): 125-129.
- [3] 郭东博, 姚恩建, 卢天伟, 等. 同台换乘场景下考虑不均匀发车间隔的地铁接驳市域铁路时刻优化[J]. 北京交通大学学报, 2022, 46 (6): 18-26.
- [4] 杨宇晨. 城市轨道交通共线运营关键技术及交路方案研究[D]. 兰州交通大学, 2021.
- [5] 尹浩东. 运营中断条件下城市轨道交通乘客出行行为建模与客流诱导优化研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2017.
- [6] 朱雁飞, 潘伟强, 陆建生, 等. 扩建型轨道交通枢纽站超深基坑工程安全和环境安全双控技术[Z]. 上海隧道工程有限公司. 2015.