

# 基于城市网络理论的铁路站区研究\*

## ——以芜湖站枢纽核心区为例

Research on Station Field Based on the Theory of Urban Web: A Case Study of Wuhu Railway Station Primary Development Zone

张晨阳 戴一正 曹卫东 ZHANG Chenyang, DAI Yizheng, CAO Weidong

**摘要** 机动车道路拥堵、步行环境恶劣和城市活力缺失是我国铁路站区最为常见的问题,而基于城市网络理论的视角,站区问题可以被归结为3个递进的层次:缺少功能节点、节点间未形成有效的连接、连接未被组织成有效的连接网络。从微观层次来看,建立连接单体首先应以路径作为空间基础,其次是对连接进行边界强化、秩序强化或功能强化;从宏观层次来看,站区连接网络的形成首先应具有足够数量的连接单体,其次是连接单体应被层级化组织。通过研究2005—2019年安徽省芜湖站枢纽核心区连接网络的变化过程,揭示其宏观演化机制和未来的变化趋势;通过分析芜湖站枢纽核心区连接网络的微观现状,指出网络各部分存在的问题;结合芜湖站区上位规划要求,提出针对性的改造策略。

**Abstract** The most conspicuous existing problems of Chinese station fields are congested motor vehicle lanes, poor walking environment, and the lack of urban vitality. Based on the perspective of the urban web, these problems can be attributed to three levels: lack of functional nodes, lack of valid connections, and failure to organize connections to a valid network. From the micro-view, the path is the spatial basis for establishing connections in the station field, and boundaries, order, and function can strengthen the path. From the macro-view, a fair number of connections is the basis for the formation of the station field web, and the connections should be hierarchically organized. The macro research of the evolution process of Wuhu Railway Station Primary Development Zone (2005-2019) could reveal its evolution mechanism and future trends. By analyzing the microscopic status of the web in the Wuhu Railway Station field, this article points out the problems of the web. Combined with the master plan of the Wuhu Railway Station field, four targeted renewed strategies are proposed.

**关键词** 城市网络理论;铁路站区;枢纽核心区;站区演化;路网组织;城市更新

**Key words** the theory of urban web; station field; primary development zone; station field evolution; road network organization; urban renewal

文章编号 1673-8985 (2021) 01-0136-08 中图分类号 TU984 文献标志码 A

DOI 10.11982/j. supr. 20210120

### 作者简介

张晨阳

东南大学建筑学院

博士研究生

戴一正

东南大学建筑学院

博士研究生

曹卫东

安徽师范大学地理与旅游学院

教授,博士生导师

## 1 铁路站区连接网络的研究背景

### 1.1 我国铁路站区的城市现状

铁路站区是城市中的一种十分复杂的区域,它通常集成了高铁、普通铁路、长途客运、城市公交、私家车、步行等多种交通方式,又集约了枢纽换乘、站区商业、商务办公、居住、文化娱乐、教育医疗等多种功能要素。随着2016—

2020年中国铁路建设中长期计划“八纵八横”的实施,我国的铁路事业迎来新一轮更新升级的热潮,截至2019年4月,铁路轨道和铁路站房的建设已经趋于成熟;但就铁路站区的城市现状而言,还远远称不上完善,与站区的规划设计方案之间也有较大的差距<sup>[1]</sup>。

本文中铁路站区指的是枢纽核心区,对应

\*基金项目:国家自然科学基金面上项目“区域空间网络化的机理、测度与效应——以泛长三角为例”(编号41571124)资助。

高铁圈层模型中的第一圈层,是以铁路站房为中心,半径0.8—1.0 km的城市区域。在实际情况中,其边界通常是四周的城市主干道。枢纽核心区与铁路站房的联系十分紧密,对铁路系统的建设、更新、运营和升级的反馈也十分敏感<sup>[2]</sup>。我国当前铁路站区的城市问题主要集中在以下3个方面。

(1) 机动车道路拥堵。机动车道路拥堵是站区建设不完全或站区改造过程中最突出的问题,也是首先应解决的问题;随着站区建设的推进,尤其是立体化交通网络的贯通,拥堵问题就会很快得到缓解。

(2) 步行环境不佳。铁路站区有大量的机动车集疏运需求,因此通常会优先保障机动车的路权,但这会对步行系统产生负面冲击效应。另外,由于人行道、人行天桥和人行地下通道等交通设施的缺失,也使铁路站区难以建立起安全、连续、完整的步行网络。

(3) 城市活力缺失。对铁路站区而言,培育城市活力不如疏导站区交通那样直观和迫切。这往往导致站区的商业活动和公共活动无法满足实际的需求。当然,活力不足还与站区本身的特点有关。首先是铁路轨道占据了大片连续的城市用地。这不仅割裂了铁轨两侧的城市区域,也使靠近轨道的城市空间难以被利用,破坏了站区整体的城市活力。其次是大量还未开发的块地成为城市活力的塌陷区,破坏了城市结构的完整性,降低了相邻地块的活力。以安徽省芜湖站为例,枢纽核心区总占地面积为2.30 km<sup>2</sup>,其中有0.72 km<sup>2</sup>的用地(包括0.23 km<sup>2</sup>的轨道占地和0.49 km<sup>2</sup>的城市荒地/工地)对城市来说是有负面影响的。

## 1.2 城市网络理论的研究与应用

铁路站区的城市问题可以借助城市网络理论进行更深层次的解读。城市网络理论来源于萨林加罗斯(Nikos A. Salingeros)在《城市结构原理》(2005)中的研究。该理论认为城市的活力来源于由城市中大量连接与路径自下而上形成的层级化的城市网络,而这种网络亦是城市结构和秩序产生的基础。在城市网络理论提

出之前,亚历山大(Alexander C.)在《城市并非树形》(1965)和《模式语言的结构》(1977)中反对用简单的几何形式来指导城市形态以及现代主义的城市功能分区,提倡网络化、结构化的城市;罗杰·特兰西克(Roger Trancik)在《寻找失落空间——城市设计的理论》(1986)中归纳出连接理论,也称作关联耦合理论,认为将城市中的多种要素组织成有序的结构是城市设计的基本要求之一;巴蒂(Batty M.)和朗利(Longley P.)在《分形城市》(1994)中从城市形态的角度分析了城市自下而上的形成过程以及该过程的微观基础;希利尔(Bill Hillier)在《空间是机器》(1996)中运用空间句法尝试对城市中的联系和人的活动进行分析。这些思想可以认为是城市网络理论的雏形。

从城市网络理论“功能节点—连接单体—连接网络”自下而上的层次来分析<sup>[3]</sup>,铁路站区的城市问题可以归纳为:

(1) 缺少功能节点。即城市的开发不完全,站区内未置入足够密度的功能业态,导致城市活力缺失。

(2) 节点间未形成有效的连接。功能节点间缺乏连接路径,或连接路径脆弱、单调、含混,导致站区步行环境不佳。

(3) 连接未被组织成有效的网络。连接路径之间流线冲突,交通系统的效率低下,尤其是长距离的连接变得拥堵。

虽然解决机动车交通问题的优先级要高于解决步行交通问题,步行交通问题又高于城市活力问题,但从研究顺序和建设时序来看,这个层次应该是倒置的,建立好微观的秩序才能进一步建立宏观的秩序,即使在前期建设计划中不准备开发的块地也应留出微观连接的路径或“接口”,因为宏观层次难以变更,一旦确立了错误的宏观结构,微观的活力就很难重新涌现<sup>[4]</sup>。

## 2 铁路站区连接网络的微观研究

铁路站区的连接网络可以拆解为多个连接单体,而连接单体是由一条连接路径及其两端的节点组成的,连接单体是研究连接网络的基本单元。其中,节点是连接单体形成的基础,这

里的节点指的是功能性的节点,而非交通节点;铁路站区的节点包括站房、站前广场、公共空间、商业区、居住区等<sup>[5]</sup>。路径是连接单体的空间载体,铁路站区的连接路径主要包括车行和步行两种路径。

### 2.1 连接单体的空间关联

除了连接路径以外,节点间的空间关联还包括连续的界面和空间秩序,这三者都是连接单体中的空间关联方式。

(1) 路径是最主要的一种空间关联,也是形成连接单体的必要条件。它将站区中的不同部分通过交通相连,可以承载人流、物流和信息流。例如铁路站区的下穿步道就是一种路径的关联,它可以在相当程度上缝合被轨道割裂的两侧城市区域。

(2) 连续的界面是一种半独立的空间关联,它通过整合站区中不同部分的边界来建立视觉和功能的联系。连续的界面需要结合路径才能产生连接单体。例如分割轨道和城市的围墙,作为一种连续的界面,如果缺乏贴着其延展的路径,就只是一种消极的视觉关联。

(3) 空间秩序是一种较为抽象的空间关联。它通过空间轴线、建筑排布和体量关系等方式来建立较大尺度下的视觉联系或营造出局部的场所感和方向感。例如垂直于轨道的城市轴线就是一种空间的秩序,它将站区同更大范围的城市建立起关联<sup>[6]</sup>。

路径、连续的界面和空间秩序之间的关系可以类比人体的构造:路径犹如人体的动脉和骨架,连续的界面好比包裹动脉和骨架的肌肉,空间秩序则如同人体的神经。路径对连续界面和空间秩序的意义不言而喻,没有相连的路径,连续界面和空间秩序就只剩下视觉和感知方面的意义;同时,连续的边界和空间秩序也对连接路径有重要的强化作用<sup>[7]</sup>。

### 2.2 连接路径的边界强化

连续的边界可以在相当程度上保护路径的使用。从心理的角度来说,人们在贴着连续的边界(如围墙、街面、树阵、草坡等)行走时会

更有安全感<sup>[6]</sup>。我国绝大多数的站前广场十分空旷,缺乏连续的边界,行人在此只会匆匆通过而不愿驻足停留,因此站前广场只能承载必要的交通行为,而无法吸引其他更有活力的行为。

例如,为了连接被轨道割裂的两侧区域,可以通过架设空中连廊来跨越轨道(见图1),空中连廊可以独立设置(模式一),也可以在一侧结合站房边界设置(模式二),或是在两侧分别结合站房边界和架空绿化设置(模式三)。其中,模式一的连接路径没有倚靠任何边界,其空间体验是单调的,而且在其中行走的行人也缺乏安全感,是一种十分消极的连接路径;模式二通过站房边界解决了安全感的问题,又通过边界上的出入口增加了路径的使用者数量;模式三则进一步提升了连接路径的空间体验。

### 2.3 连接路径的秩序强化

空间秩序对路径的作用在于两个方面:一是导向性,在空间秩序中的路径更有规律可寻,并且行人能得到方向的暗示,从而减少因走错而折返的现象,避免了错误流线对正确流线的干扰。二是空间体验,空间秩序能够为路径提供主从、并列、序列等空间体验,使路径更易于被理解和记忆;同时,空间秩序可以将路径周边的景象通过视线的组织引入,使路径上的视觉效果更为丰富<sup>[9]</sup>。

例如,在杭州东站西侧区域的城市设计中,设计师设置了一条垂直于轨道的公共空间路径,并在路径之上附加了一条蜿蜒曲折的空间轴线。轴线的每一次转向都会引入一处绿化景观或一个功能组团,从而将大片的城市区域都整合到这条路径中,创造了极为丰富的空间体验(见图2)。

### 2.4 连接路径的功能强化

功能节点间除了有必要的空间关联以外,还可以通过功能关联加以强化。对连接路径进行功能强化有两种方式,一是建立路径两端节点之间的功能关系,二是在路径之上附着功能属性。

(1) 连接路径两端节点的功能关系有多种

形式,例如相同、相似、相异、互补、不相干等,但真正有效的功能联系只有相异和互补两种。举例而言,如果被轨道分割的两侧区域都是居住性质的地块,那么在其间费力建立连接是难以成功的,但是居住—商业、居住—办公、办公—餐饮等相异的功能关系,或是居住—公园、商业1—商业2这种互相补充的功能关系之间就有建立连接的意义。因此,在铁路站区的城市设计中应成对地配置功能。这样既能实现功能的混合,又能建立清晰的、有计划的连接<sup>[10]</sup>。

(2) 连接路径本身如果仅仅是一个空间的范畴,很容易让行人感到单调乏味。例如,贴着围墙设置的路径就是一种单纯的空间关联,其空间氛围是十分消极的。如果我们能够沿着路径一侧设置沿街商铺、休憩空间或景观小品等就能很好地改善这一情况。连接的功能属性同时也为连接提供监视作用,保护其中的使用者。

### 2.5 连接单体的类型汇总

根据本节内容,可以绘制铁路站区中连接单体的类型汇总图(见图3),从此图中我们可以总结出:

(1) 功能组团内部的连接是受到保护的,即使只依附于简单的路径也可以发挥其有效的关联作用。

(2) 处于功能组团边缘的步行连接较为脆弱,因为它受到了机动车交通的干扰,因此应通过连续的边界来保护这种连接路径。

(3) 距离较长的路径是脆弱的,应为此种路径附加功能属性来强化以其为基础的连接单体。

(4) 大的功能组团之间应当建立起空间的秩序,这样便于将整个功能网络组织起来。

## 3 铁路站区连接网络的宏观研究

### 3.1 连接网络的演化机制

城市连接网络的形成是一个渐进的过程。在这个过程中,功能节点的数量越来越多,连接的数量也越来越多,节点间的关联越来越强,连接网络的层次和秩序逐渐呈现出来。研

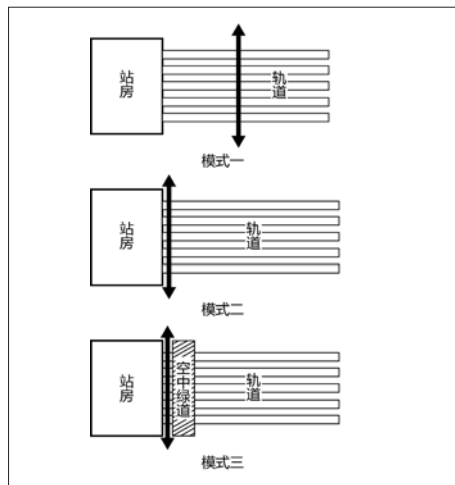


图1 连接路径的边界强化

Fig.1 Boundary reinforcement of the connection path

资料来源:笔者自绘。



图2 连接路径的秩序强化

Fig.2 Order reinforcement of the connection path

资料来源:笔者自绘。

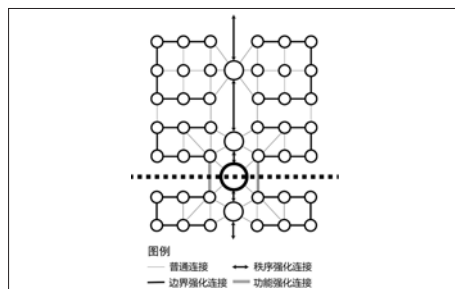


图3 铁路站区连接单体的类型汇总示意图

Fig.3 Summary of types of connection units in station area

资料来源:笔者自绘。



究者们在实践中发现,关联是一种积极的城市表征,连接的数量越多,网络的结构越鲜明,城市空间就越有活力<sup>[11]</sup>。因此,可以将城市连接网络的演化历程划分为4个典型的阶段:节点的出现、节点间形成连接、层次和秩序的显现、连接网络的伸展。

铁路站区连接网络的演化则更复杂一些,除了上述渐进式的变化过程,还有因修建铁路对站区连接网络的突变式影响,站区连接网络的演化可以归纳为以下6个典型的阶段(见图4)。

(1) 原有连接网络的发展。新建铁路站房通常在城市的边缘区域,在铁路站房建设之前,这片区域会有密度较低的功能节点,节点间存在强度不高、数量不足的连接路径。这些路径勉强可以互相串联,连接网络的发展比较缓慢。

(2) 连接网络的破坏。铁轨、站房及两侧站前广场的建设会阻断部分原有的连接路径并拆迁部分功能节点,对原有的连接网络产生较明显的破坏作用,并将其分割成2—3个不相连的区域。

(3) 新的连接形成。随着站房和站前广场的建设完工,重新将被铁轨分割的两侧区域连接起来,并产生站房、站前广场与其他节点之间的连接;连接网络重新串联起所有的功能节点,其中连接单体的数量比破坏前连接网络中的数量还要多,连接网络的形态不再是单线式的,而呈现出一定程度的网格化。

(4) 新的功能节点涌现。铁路站房的运营为站区带来人流,连接网络的修补也为站区打通“经络”。这时,新的功能节点被吸引而来,并建立起相应的连接单体,进一步充实了连接网络。

(5) 层次和秩序的显现。当连接的数量达到一定程度时,连接的网络开始成熟起来,并且有可能呈现出一定的层次和秩序。这是因为大量的连接必然带来网络的复杂性,而复杂性却有可能导致两种完全不同的结果,一种是网络变得混乱和拥堵,另一种是网络变得更加高效和便捷。导致不同结果的关键就是层次和秩序是否被建立起来,网络的层次可以使长距离的

连接变得便捷,而网络的秩序则可以减少流线间的相互干扰<sup>[12]</sup>。

(6) 网络的完善和伸展。有效的连接网络中有川流不息的交通流和信息流,连接网络的这种流动性会不时地打通新的关联路径。另外,空间的秩序一旦建立起来,便会对邻近的城市区域持续地施加影响,催生出新的功能节点,并逐渐将周边与其关联的其他节点纳入其秩序之中。因此,在铁路站区的长期发展过程中,新的路径和界面会沿着已经形成的空间轴线生长,或者以现有的空间中心为起点向四周发散<sup>[13]</sup>。

### 3.2 连接网络的组织原则

铁路站区要建立起有效的连接网络,一是要保证足够的连接数量,二是要建立清晰的网络层级。

要保证足够的连接数量,一方面是因为区域中的关联越强,区域就越有活力;另一方面是因为站区在更新改造的过程中会有部分的连接暂时失去作用,从而造成局部区域的瘫痪,但如果区域中有冗余的连接,便可在这种情况下形成新的回路,维持城市的正常运转<sup>[14]</sup>。

连接网络中的节点指的是功能性节点而非交通节点,相应地连接网络本身也并不等同于交通路网。在交通路网中,路段的数量通常与交通节点的数量同处一个数量级;但在连接网络中,连接的数量应当比节点的数量大一个数量级。铁路站区须向立体化方向发展,并建立起三维的连接网络,这样才能极大地提高连接的数量,从而激发出城市的活力<sup>[15]</sup>。那么,对于铁路站区的连接网络,具体需要多少连接单体呢?萨林加罗斯(Nikos A. Salingaros)在《城市结构原理》一书中认为这个值是 $(n-1)n/2$ ,其中 $n$ 指的是节点的数量。为了研究 $(n-1)n/2$ 这个数值的意义,本文以20个节点的铁路站区简化模型为例,分析不同连接数量下,站区连接网络的连接状态(见表1)。

随着连接数量的增多,网络的层次在一个自下而上的过程中显现,如果将铁路站区比作人体组织,那么它可以没有“主动脉”穿过,但

一定不能缺少“毛细血管”。因此,网络中自下而上每一个等级的连接都是不可或缺的,否则区域的局部会因连接不畅而凋敝。在对铁路站区进行规划时,需要避免均质化的路网设置,在建立良好步行网络的基础上,引入高等级的机动车道路,增加长距离连接的强度。

高层级连接的强度比低层级连接的强度高,当层级不同的连接争夺有限的交通空间时,低层级的连接就会消失。所以在站区城市设计中,不同层级的连接网络可以立体叠置,但应尽量避免交叉,并且应保证低层级连接在与高层级连接并行时的路权,尤其是保证步行连接的连贯性<sup>[16]</sup>。

## 4 芜湖站枢纽核心区连接网络的实证研究

芜湖站位于芜湖市镜湖区,是芜湖市综合客运主枢纽,设计建筑面积为5.6万 $m^2$ ,站台规模为8台20线,是典型的大型客运火车站(一等站)。芜湖站枢纽核心区是由4条城市快速路围成的区域,总占地面积为2.30  $km^2$ ;以站房为中心,区域南北长约1.71  $km$ ,东西长约1.58  $km$ ,基本符合高铁圈层理论中第一圈层的范围划分。目前,芜湖新火车站站房已开通运营,西站房仍在施工过程中。本文选取2005—2019年芜湖站枢纽核心区的连接网络变迁,覆盖了芜湖老火车站运营、新老火车站交替和新火车站部分落成这3个历史时期。

### 4.1 芜湖站枢纽核心区连接网络的宏观演变

2005年之前,芜湖站枢纽核心区位于城市建成区东北方向,区域中心为轨道西侧的两站广场(即芜湖老火车站与芜湖汽车站之间的换乘广场)。至2005年,铁路和公路的双重区位优势,已经使区域逐渐演化形成以低层居住区为主,辅以田园景观、工厂厂区、批发市场等多种功能的城郊风貌。区域内连接数量少、强度低,只有4个各自独立的局部连接结构,未能形成整体的连接网络。自2005年开始,根据芜湖站枢纽核心区连接网络的演变状态(见图5,表2),可将其划分为3个阶段。

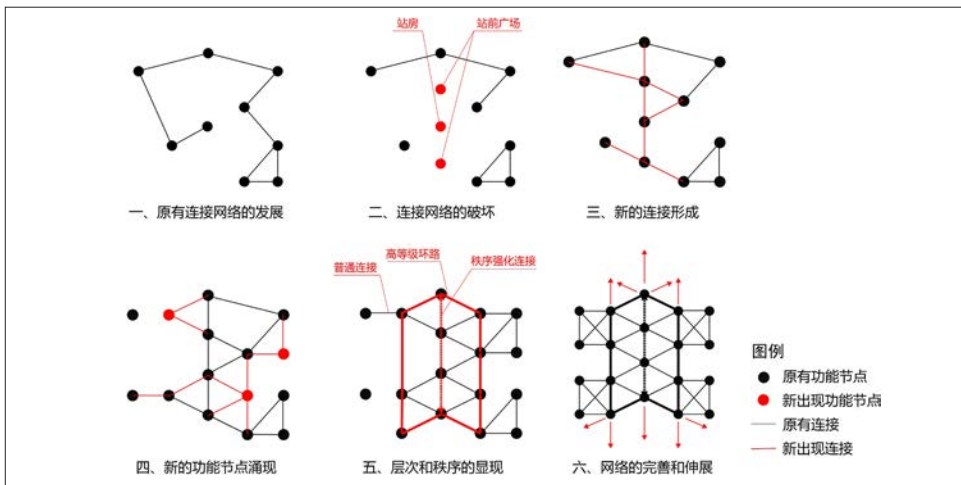


图4 铁路站区连接网络的演化阶段

Fig.4 The evolutionary stage of the connection networks in railway stations

资料来源:笔者自绘。

表1 站区连接网络的数量分析表

Tab.1 The quantity analysis of connection networks in the station area

连接数量	模型	状态
$n/2$		大约80%的节点被连接,但多为两两连接,不足以形成连接网络
$2n$		每个节点都与周围节点直接关联,形成了较充分的平面维度的连接网络
$(n-1)n/2$		每个节点与周边节点间平均有两条直接关联的路径,且较远距离的节点间也存在直接关联的路径,形成了充分的三维立体的连接网络

资料来源:笔者自制。

第一阶段(2005—2013年)为芜湖老火车站正常运营阶段。轨道西侧受火车站影响较大,大量荒地开发,低层居住区多被改造为多层和中高层居住区,西侧连接网络整体贯通,并且出现高等级城市道路和生活性城市道路。轨道东侧变化较小,但因东西向城市快速路亦铸山路的贯通,加强了东侧区域与城市建成区的联系,一些荒地也被开发利用,局部出现生活性道路,但仍未形成整体的连接网络。

第二阶段(2013—2015年)为新火车站

东站房与东广场施工建设阶段。该阶段一开始,轨道东侧大量建成地块被拆除,原有的景观湖泊被填平,部分连接消失。此过程中,轨道西侧未发生明显变化,东侧边拆边建,连接网络整体保持平衡。

第三阶段(2015—2019年),随着2015年新火车站东站房运营通车,以及老火车站和两站广场拆除重建,轨道西侧部分连接被阻断,轨道东侧建成贯通高等级道路网络。这为连接网络的形成提供了空间基础,但因东侧开发度仍旧不

足,缺少功能节点,故无法形成有效的连接。

芜湖站枢纽核心区连接网络的演化较为复杂,轨道东西两侧演化进程不同步,新客站分期建设与新老客站的交替也是比较特殊的干扰项。但将东西两侧分别研究,仍然能够对应本文中的站区连接网络演化机制的6个典型阶段。其中,东侧区域完成了“原有连接网络的发展”“连接网络的破坏”“新的连接形成”这前3个阶段,并向第4个阶段“新的功能节点涌现”过渡。西侧区域主要完成了“新的连接形成”“新的功能节点涌现”“层次和秩序的显现”这3个阶段,由于新老车站过渡平缓,新火车站西站房的建设并未对西侧区域连接网络造成较大的冲击,只是西侧区域在向最终阶段“网络的完善和伸展”演化时,陷入了漫长的瓶颈期(见图5)。

整体来看,芜湖站枢纽核心区在2012年达到土地开发的最佳状态,此时枢纽核心区的负影响区域占比最低(16%),路网级配也处于一个合理的范畴内(0.83),只是路网的密度较低,东侧功能节点的质量较差。2013—2016年是连接网络持续破坏的过程,尤其是在2016年,东站房刚开始运营,西侧老站房和站前广场又遭到拆除,两侧区域同时施工,负影响地块的占比达到最大值(35%),路网级配也达到最大值(1.71),低等级的连接被大量破坏,连接网络十分脆弱。2019年,由于支路的增加,路网密度变高,路网级配回落,部分工地施工完毕,负影响地块占比减小,城市活力较2016年有所恢复(见表2)。

可以预见,枢纽核心区未来的路网密度将会继续上升,更多的城市支路出现,路网级配继续下降。但由于城市干道已经基本确定,大街区的模式也已经固化,支路数量的增长空间并不是很大,低等级的连接仍将长期处于脆弱的阶段。负影响地块占比持续下降,功能节点的数量大幅增加,且与2012年相比,功能节点的质量更高,对连接路径的加持作用更强。

#### 4.2 芜湖站枢纽核心区连接网络的微观现状

芜湖站枢纽核心区可以划分为6个相对独



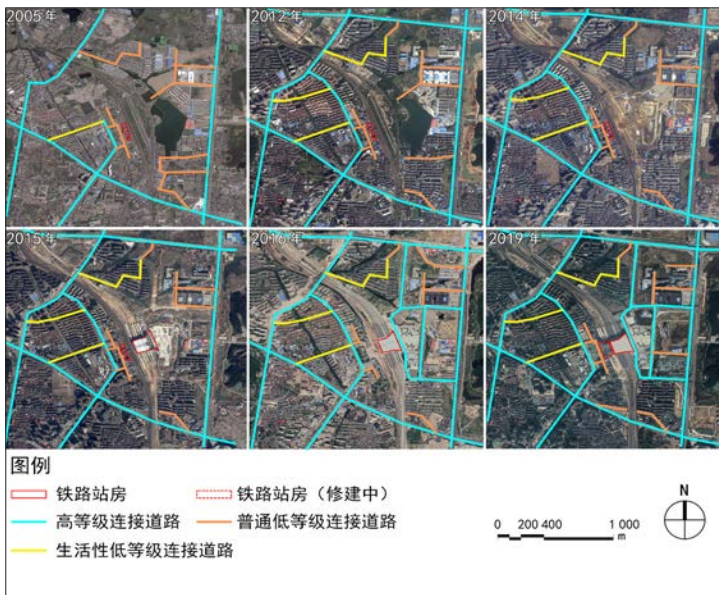


图5 芜湖站枢纽核心区连接网络的演变  
Fig.5 Evolution of the connection network in Wuhu Railway Station Primary Development Zone

资料来源:笔者自绘,底图来源于Google Earth。

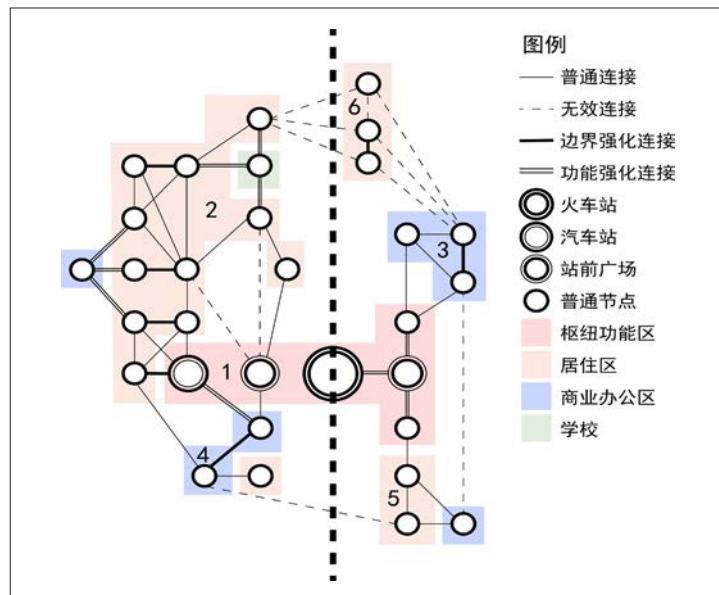


图6 芜湖站枢纽核心区现状连接网络  
Fig.6 The current connection network in Wuhu Railway Station Primary Development Zone

资料来源:笔者自绘。

表2 芜湖站枢纽核心区部分数据统计表

Tab.2 Partial data statistics in Wuhu Railway Station Primary Development Zone

	时间	高等级道路/km	生活性道路/km	普通道路/km	路网密度/(km/km <sup>2</sup> )	路网级配(干路/支路)	负影响地块/km <sup>2</sup>	负影响地块占比/%
第一阶段	2005年	3.24	0.49	4.76	3.69	0.62	0.71	31
	2012年	4.46	1.92	3.43	4.27	0.83	0.36	16
第二阶段	2014年	4.46	1.92	2.70	3.95	0.97	0.74	32
	2015年	4.46	1.92	2.70	3.95	0.97	0.75	33
第三阶段	2016年	7.67	1.92	2.56	5.28	1.71	0.81	35
	2019年	7.67	1.92	3.16	5.54	1.51	0.72	31

注:①高等级道路包括城市快速路、主干道和次干道;生活性道路和普通道路均属城市支路,且均不包括居民小区内部的道路。②4条枢纽核心区外围的城市快速路,以1/2的长度计算。③负影响地块指的是铁路轨道占地、荒地、工地等与城市隔绝且缺少功能意义的土地,不包括绿地、水体、农田等。

资料来源:笔者自制。

立的功能组团(见图6)。其中,组团1为枢纽功能区,位于整个区域的中心;组团2、3、4、5直接与组团1相连,分布于轨道的东西两侧;组团6位于轨道东侧地块的北部,位置最偏僻,不与组团1直接相连。

组团1包括新火车站东站房、芜湖汽车站、东侧站前广场、西侧站前广场、旅游集散中心和汽车站东广场6个主要的节点。节点之间存在交通换乘的功能联系,亦隐含垂直于轨道的轴线秩序。由于新火车站西站房仍在施工中,西侧站前广场也与汽车站有栏杆隔离,因此,组

团西侧的连接单体全部丢失;组团东西两侧之间的连接也被阻断,未能形成秩序强化;组团东侧的连接比较稳固,连接路径均被功能强化。未来,随着西侧站房和地下步行通廊的建成,组团1内部的连接网络将会变得完整,并且受到功能和秩序的双重强化。不过,由于过大的空间尺度,连接路径的强度仍然不足,应增加站区配套设施以提高功能节点密度,并通过完善边界来创造安全友好的步行环境。

组团2为大的居住区模块,内有2条生活性连接道路、1处社区商业中心和1所小学,功能

节点数量较多,边界强化效应显著。未来可以进一步优化:一是通过打开居民小区的边界,释放更多的功能节点和低等级连接路径,增加连接网络的层次。二是以贯穿其中的河道为中心建设城市景观带,从而建立起组团内部的空间秩序,强化连接路径的方向感和空间体验。三是置入办公、商业、餐饮等功能节点,强化组团内部的功能联系<sup>[17]</sup>。

组团3包括1座大型家居建材市场、1座商场和几个汽车修理厂,沿街为城市快速路,内部缺乏连接。可将3个主要功能节点之间的城市荒

地建设为组团广场,通过强化边界,保护组团内部的低等级连接网络。

组团4、5均为商住混合用地,居住节点和商业节点之间的连接比较脆弱。这是因为所有地块均向快速路开口,而地块之间没有直接连接。应开放地块的边界,建立直接连接,并在面向居住地块的商业地块一侧设置更符合居民需求的商业业态。

组团6由3个居民小区组成,其中的两个居民小区通过中间的社区性商业道路连接,连接的强度较高。另一个居民小区与这两个居民小区之间被河道阻隔,无法建立实质上的连接。未来可以将河道改造为组团内部的居民休憩公园,形成组团内的秩序;新建延伸至孤立小区的社区性商业道路支路,将孤立小区纳入整个功能强化的连接网络中。

#### 4.3 芜湖站枢纽核心区连接网络的改造研究

根据芜湖站枢纽核心区的宏观演变趋势、上位规划要求和微观现状分析,可以提出4个针对性的改造策略,并分析核心区连接网络的优化状况(见图7,表3)。

(1) 功能置入。根据政府公开的芜湖站区规划,芜湖站西站房于2020年通车运营,芜湖站整体改造工程完工,西站房作为重要的交通节点联通两侧的城市区域。此外,开发站区的闲置地块,置入合适的功能节点,新置入的功能节点将会连接原有3组相互独立的连接网络,从而形成一张覆盖枢纽核心区的整体的连接网络。根据数据分析(见表3),虽然策略增加的是节点的数量,但连接与节点的数量之比反而上升;由于更合理的功能混合配置,大大增加了连接网络中功能强化的连接数量,因此强化连接占比也有明显提升。

(2) 路网完善。根据各组团的微观现状分析,打通组团内部的断头路,补充必要的道路连接,尤其是根据上位规划建设站房地下的城市通廊,从而对连接网络进行完善和修补。根据数据分析(见表3),该策略使连接数量大幅增加,连接与节点的数量之比超过2。根据《城市结构原理》一书的研究,可认为区域内

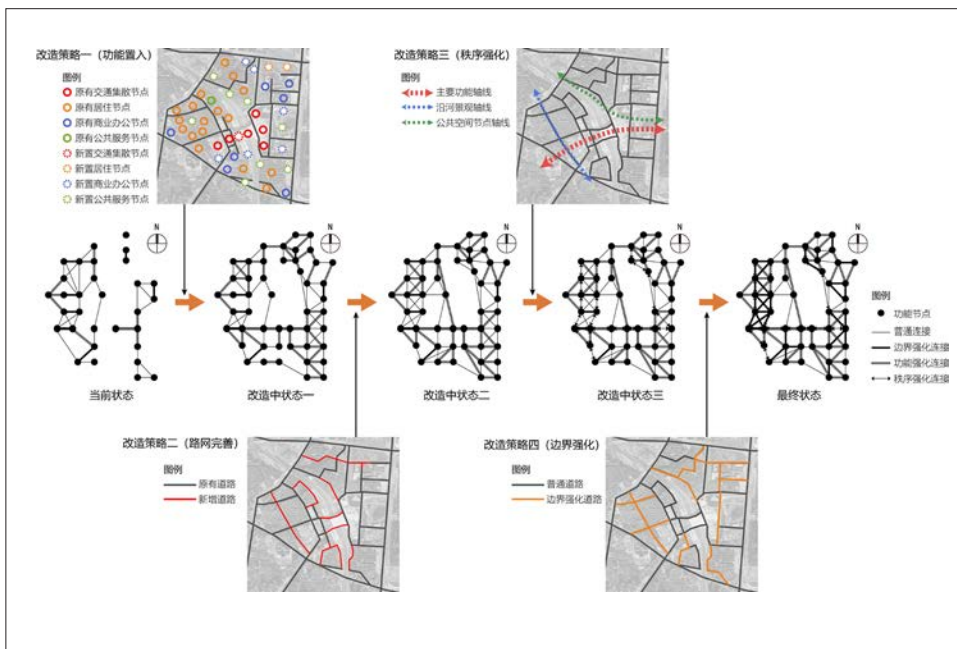


图7 芜湖站枢纽核心区改造策略及连接网络优化示意图

Fig.7 The renewed strategy and network optimized condition in Wuhu Railway Station Primary Development Zone

资料来源:笔者自绘。

表3 芜湖站枢纽核心区连接网络改造分析表

Tab.3 The analytical table of connection network renewal

时间	节点数量	连接数量	连接数量与节点数量之比	强化连接数量	强化连接占比/%
当前状态	31	42	1.35	17	40.5
改造中状态一	48	86	1.79	51	59.3
改造中状态二	48	105	2.19	57	54.3
改造中状态三	48	105	2.19	68	64.8
最终状态	48	105	2.19	87	82.9

资料来源:笔者自制。

的每个节点都与周围节点直接关联,形成较充分的平面维度的连接网络;但大量的新建道路产生了很多未经强化的连接,强化连接占比有所下降。

(3) 秩序强化。在站区内梳理出3条轴线秩序,分别是贯通区域东西两侧的主要功能轴线、区域西侧的居住组团沿河景观轴线和区域东侧的公共空间节点轴线。通过建筑形态控制、景观视廊建设、城市风貌整合、功能流线梳理等方式对轴线所控制的连接进行强化,从而提升网络中强化连接的占比。

(4) 边界强化。在保证站区高等级道路通畅的基础上,通过将普通低等级道路改造为生

活性社区内部道路,开放道路两侧的地块边界,以打造道路的自然和人文景观等方式,对道路进行边界强化。边界强化策略可以将大量不具备秩序和功能属性的连接进行补充强化,从而进一步提升强化连接的占比。

由于芜湖站区的规划中没有涉及整体的立体化改造策略,站区的规划密度也相对较小,因此连接的数量无法进一步提升,无法形成充分的三维连接网络。

## 5 结语

本文探讨了城市网络理论量化研究的可能性,通过简化模型和芜湖站核心区实例验证

了萨林加罗斯关于连接数量的研究,并引入路网密度、路网级配、负影响地块占比、强化连接占比等新指标,拓展了连接网络的量化研究方法。

从芜湖站区连接网络的优化状况来看,功能节点的置入是最根本的改造策略,站区内功能节点的密度是连接网络是否完整的决定性因素,而功能的配比和分布对于连接是否有效至关重要。道路网络的完善对提升连接的数量十分关键,但若不打造立体化的交通系统,则难以实现相邻节点间的多种关联,以及较远节点间的直接关联。秩序强化和边界强化可以提升连接网络的关联强度,是优化连接网络的有益补充<sup>[18]</sup>。

参考文献 References

[1] 国务院. 国务院关于印发“十三五”现代综合交通运输体系发展规划的通知[EB/OL]. (2017-02-28) [2020-12-01]. [http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-02/28/content\\_5171345.htm](http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-02/28/content_5171345.htm).  
State Council of the PRC. Notice of the State Council on issuing the modern comprehensive transportation system development plan of the Thirteenth Five-Year Plan[EB/OL]. (2017-02-28)[2020-12-01]. [http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-02/28/content\\_5171345.htm](http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-02/28/content_5171345.htm).

[2] PEEK G J, VAN HAGEN M. Creating synergy in and around stations: three strategies for adding value[J]. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2002, 1793(1): 1-6.

[3] SALINGAROS N. Principles of urban structure[M]. Amsterdam: Techne Press, 2005.

[4] CHRISTOPHER A. A pattern language: towns, buildings, construction[M]. Oxford: Oxford University Press, 1977.

[5] BERTOLINI L. Nodes and places: complexities of railway station redevelopment[J]. European Planning Studies, 1996, 4(3): 331-345.

[6] 卢峰,刘亚之. 连接理论的起源与发展脉络[J]. 国

际城市规划, 2016, 31 (3) : 29-34.  
LU Feng, LIU Yazhi. The origin and development context of the linkage theory[J]. Urban Planning International, 2016, 31(3): 29-34.

[7] 刘立新. 连接键——城市公共空间整合方法研究[D]. 重庆:重庆大学, 2003.  
LIU Lixing. Join key-city public space combine on method study[D]. Chongqing: Chongqing University, 2003.

[8] TAKAKUWA S, OYAMA T. Modeling people flow: simulation analysis of international-departure passenger flows in an airport terminal[C]// Proceedings of the 35th Winter Simulation Conference: Driving Innovation. New Orleans, 2003: 1627-1634.

[9] HILLIER B. Space is the machine: a configurational theory of architecture[J]. Cambridge: Cambridge University Press, 1996.

[10] WOOD J. Synergy city: planning for a high density, super-symbiotic society[J]. Landscape and Urban Planning, 2007, 1: 83.

[11] SALINGAROS N A. Theory of the urban web[J]. Journal of Urban Design, 1998, 3(1): 53-71

[12] MAHMASSANI H S, SABERI M, ZOCKAIE A. Urban network gridlock: theory, characteristics, and dynamics[J]. Transportation Research Part C Emerging Technologies, 2013, 36(11): 480-497.

[13] 朱嘉伊,余俏. 克里斯托弗·亚历山大的建筑理论评述——概述、转变与局限[J]. 新建筑, 2018 (3) : 130-133.  
ZHU Jiayi, YU Qiao. Christopher Alexander's architectural theories: reviews, changes and limitations[J]. New Architecture, 2018(3): 130-133.

[14] 卫夏雯. 城市铁路客运站站前片区更新改造城市设计研究[D]. 北京:北京交通大学, 2014.  
WEI Xiawen. Study on urban overall renewal railway station square area[D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2014.

[15] 潘海啸,任春洋. 轨道交通与城市中心体系的空间耦合[J]. 时代建筑, 2009 (5) : 19-21.  
PAN Haixiao, REN Chunyang. Study on space coupling of rail transit and urban center system[J]. Time Architecture, 2009(5): 19-21.

[16] 张琼,边经卫. 城市中心体系与轨道交通耦合演化规律[J]. 城市交通, 2017, 15 (6) : 51-56.  
ZHANG Qiong, BIAN Jingwei. Evolution of the linking urban central areas with rail transit development[J]. Urban Transport of China, 2017, 15(6): 51-56.

[17] 周维思,黄亚平,谢来荣. 基于“耦合网络化”的可实施性城市设计——以武汉市五里界城镇核心区城市设计为例[J]. 规划师, 2016, 32 (9) : 71-76.  
ZHOU Weisi, HUANG Yaping, XIE Lairong. 'Coupling network' based urban design for implementation: Wulijie town case[J]. Planners, 2016, 32(9): 71-76.

[18] GREENE M, MORA R I, FIGUEROA C, et al. Towards a sustainable city: applying urban renewal incentives according to the social and urban characteristics of the area[J]. Habitat International, 2017(68): 15-23.