

文章编号: 1674—8247(2020)03—0055—07  
DOI:10.12098/j.issn.1674-8247.2020.03.012

## 京沪通道型高速铁路列车运行图结构分析

曲思源<sup>1</sup> 荣 剑<sup>1</sup> 徐瑞华<sup>2</sup>

(1. 中国铁路上海局集团有限公司, 上海 200071; 2. 同济大学, 上海 201804)

**摘 要:**京沪通道型高速铁路是连接区域中心(城市群)或大城市的运输能力强大的高速铁路线路,是构成高速铁路运输网乃至整个综合运输网的主骨架。本文通过分析通道型高速铁路在线路结构、行车组织方法及客运需求下所形成的通道能力特征,提出了进一步优化京沪通道型高速铁路列车开行方案的优化措施,以便为京沪高速铁路增加开行 350km/h 列车对数后的列车运行图结构设计提供辅助决策。

**关键词:**京沪高速铁路;通道型;运行图结构;分析

**中图分类号:**U291.4 **文献标志码:**A

## Analysis of Train Operation Diagram Structure of Beijing-Shanghai Corridor-type High-speed Railway

QU Siyuan<sup>1</sup> RONG Jian<sup>1</sup> XU Ruihua<sup>2</sup>

(1. China Railway Shanghai Group Co., Ltd., Shanghai 200071, China;  
2. Tongji University, Shanghai 201804, China)

**Abstract:** Beijing-Shanghai corridor-type high-speed railway is a high-speed railway line with strong transport capacity connecting regional centers (urban agglomerations) or large cities, and is the main framework of the high-speed railway transport network and even the whole integrated transport network. Based on the analysis of the characteristics of the corridor capacity formed under the conditions of line structure, train organization method and passenger transport demand, this paper puts forward the optimization measures to further optimize the train operation plan of Beijing-Shanghai corridor-type high-speed railway, so as to provide assistant decision-making for the design of train operation diagram structure of Beijing-Shanghai high-speed railway after increasing the number of 350 km/h trains.

**Key words:** Beijing-Shanghai high-speed railway; corridor type; operation diagram structure; analysis

京沪高速铁路由北京南站至上海虹桥站,全长 1 308 km,设 24 个车站,设计最高速度为 380 km/h。京沪高速铁路作为连接我国东部发达地区的关键通道型线路,集中体现了通道型高速铁路能力的特征。我国铁路“十三五”发展规划中提出,在全面贯通“四纵

四横”高速铁路主骨架的基础上,推进“八纵八横”主通道建设,基本形成高速铁路网络,2020 年高速铁路运营里程达到 3 万 km。随着高速铁路网络的扩展与完善,通道内的本线客流与跨线客流日益增长。因此,有必要结合通道型高速铁路在线路结构、行车组织方

收稿日期:2019-12-13

作者简介:曲思源(1972-),男,教授级高级工程师。

基金项目:中国铁路总公司科技研究开发计划(2017X009-M)

引文格式:曲思源,荣剑,徐瑞华. 京沪通道型高速铁路列车运行图结构分析[J]. 高速铁路技术,2020,11(2): 55-61.

QU Siyuan, RONG Jian, XU Ruihua. Analysis of Train Operation Diagram Structure of Beijing-Shanghai Corridor-type High-speed Railway[J]. High Speed Railway Technology, 2020, 11(2): 55-61.

法及客运需求下所形成的通道能力特征,为进一步优化列车开行方案措施,特别是为京沪高速铁路增加开行 350 km/h 列车对数后列车运行图结构设计提供辅助决策。

## 1 京沪通道型高速铁路客流特征分析及列车开行情况

### 1.1 京沪通道型高速铁路客流特征

自 2011 年 6 月 30 日开通以来,京沪高速铁路客流逐年快速攀升,取得了良好的经济效益和社会效益。截至 2019 年 6 月 30 日,京沪高速铁路已开通运营 8 年,共发送旅客 9.3 亿人次,运送旅客年平均增长 19.5%,列车开行数量年平均增长 17.6%。京沪高速铁路客流特征如下:

(1) 客流总量呈逐年上升趋势。2012 年开通初期(完整年),京沪高速铁路客流量为 6 479 万人次,每年增量基本保持在 2 000 万左右,2017 年客流量已经达到 17 483.9 万人次,6 年来累计增幅达到 319.1%,年均增幅接近 22%。特别是 2018 年京沪高速铁路开行高品质“复兴号”列车,进一步吸引了民航商务客流。

(2) 商务客流占半壁江山成为主体。自京沪高速铁路开通以来,通过多次客流调查发现京沪高速铁路商务和出差客流占 52.1%,旅游和访友客流占 30.8%,通学及通勤客流占 6.4%。

(3) 跨线客流渐渐大于本线客流。2012 年、2013 年开通初期,京沪高速铁路本线客流超过跨线客流,但是随着近年来高速铁路路网不断完善,开行跨线列车数量不断增多,跨线客流逐年大幅度上升,至 2017 年跨线客流已达到 11 832.5 万人次,是本线客流 2.1 倍,跨线客流占总客流量 67.7%<sup>[1]</sup>。

### 1.2 京沪通道型高速铁路列车开行情况

在 2019 年“7.10”运行图中,京沪高速铁路运行图安排日常线、周末线和高峰线 207.5 对。15 对整点开行速度 350 km/h 列车。日常线 183 对,周末线 11 对,高峰线 13.5 对;本线 53 对,跨线 154.5 对;终到北京南站 77 对,其他 130.5 对。其中,沪宁段 123 对、宁蚌段 128 对、徐蚌段 155 对。京沪高速铁路通道内开行不同类型与速度等级的列车<sup>[2]</sup>:

(1) 从列车运行速度看,主要开行了 350 km/h、300 km/h 两种速度等级的列车。

(2) 从列车运行径路看,开行了本线列车和跨线列车,本线列车指始发站、终到站均为京沪高速铁路车

站的列车,跨线列车指途经至少两条线路的列车。

(3) 从列车运行距离看,开行了全程列车和区段列车,全程列车指运行了京沪高速铁路全线的列车,区段列车指仅开行通道内一段距离的本线列车。

## 2 京沪高速铁路列车运行特征

### 2.1 多种速度等级列车共线运行

京沪高速铁路跨越距离长,沿途经过几大重要城市,为满足旅客的不同出行需求,自开通运营以来,列车运行速度经历了多次变化,开通初期实行 300 km/h 与 250 km/h 两种速度等级混跑的开行模式,列车的运行距离包括了全程列车、短程列车以及跨线列车等不同类型列车<sup>[3]</sup>。2017 年 9 月 21 日起,7 对“复兴号”列车在京沪高速铁路率先实现了时速 350 km 运营,提速不提价。2018 年 4 月 10 日起,京沪通道型高速铁路上时速 350 km 的“复兴号”列车开行对数从 7 对增加至 15 对,“复兴号”既有本线列车也有跨线列车,在通道上仅停 3、4 站(上海虹桥—南京南—济南西—北京南),将京沪全程运行时间从约 5 h 压缩到 4.5 h,“提速不提价”极大提高了旅客出行舒适度,满足了旅客长距离出行需求。“复兴号”列车平均客座率达 94%,始发、终到正点率分别为 98.7% 和 94%。目前,通道内上行“复兴号”列车通常为整点开行,15 对列车中包含上海虹桥—北京南间本线列车 11 对、杭州东—北京南和合肥南—北京南间跨线列车各 2 对。

2018 年 4 月 10 日运行图上,时速 300 km 的本线与跨线列车有 200 余列。除了时速 350 km、300 km 的高速列车以外,运行图上还有少量 D 字头动车组列车。自 2018 年 7 月 1 日,部分 D 字头列车已改为高速动车组列车,其中时速 350 km 列车占 7%,时速 300 km 列车占 91%,时速 250 km 列车占 2%。

由于时速 350 km 列车旅行速度快,服务水平高,客流需求大,因此,增加时速 350 km 列车的开行数量是满足客运需求、提高服务水平、提升旅客出行体验、打造京沪高速铁路精品的重要举措之一。京沪高速铁路未来将以速度等级 350 km/h 和 300 km/h 的列车为主,两种列车存在着速度差,对全线的通过能力会产生不利的影响。

### 2.2 分区段跨线列车运行

基于我国铁路旅客出行习惯以及现有运输组织模式,成网条件下开行跨线直达列车仍然是列车运行组织的主要方式。因此,开行起讫点跨越 2 条甚至 2 条

以上线路的跨线列车是我国高速铁路运输组织的主要特点之一。京沪高速铁路上存在较大跨线客流需求,且跨线列车上的跨线客流比例也较大。京沪高速铁路连通津秦、徐兰、合蚌、沪昆高速铁路,胶济客运专线,沪蓉铁路等,通过以上线路又与京哈、沈大、京广、合福高速铁路,秦沈、哈齐、柳南客运专线,杭深铁路等连通,基本覆盖了我国大陆各省会、直辖市。京沪通道在高速铁路网络中的骨干地位、通道上关键节点的枢纽定位,必然要求通道型高速铁路不仅服务起讫点均在通道内的列车,同时也需要服务经由通道的列车。京沪高速铁路上连接其他线路的车站除了两端的上海虹桥与北京南站以外,还有南京南、蚌埠南、徐州东、济南西、天津南 5 站。京沪通道型高速铁路全线接入的其他高速铁路线路多,存在开行经过多种运行区段的跨线列车的客观需求。跨线列车接入的车站有的是省会城市所在地,是集政治、经济、工业、旅游等要素的大节点,如南京南、济南西、天津西站;有的车站连接的线路是全国铁路网中“八纵八横”的重要骨干,如连接徐兰高速铁路的徐州东、连接合蚌高速铁路的蚌埠东等。因此开行的列车数多,客运需求较大。在目前中转换乘服务还不完善的情况下,跨线旅客更愿意乘坐直达的跨线列车出行,跨线列车的开行也能更好地服务铁路网上的旅客出行。

2017 年 1 月,京沪高速铁路上跨线列车比例为 70.0%。2018 年 4 月 10 日运行图上行方向,京沪高速铁路开行列车共计约 230 列,其中本线列车约 60 列,跨线列车约 170 列,跨线列车开行比例高达 74.0%,其中既有时速 350 km 的“复兴号”列车,也有时速 300 km 的高速动车组列车,还有极少量 D 字头列车。

目前京沪高速铁路的跨线列车接入点有北京南、天津南、济南西、徐州东、蚌埠南、南京南和上海虹桥站 7 个车站,各区段跨线列车比例都大于 50%。其中徐州东站及蚌埠南站作为我国另外两条关键高速铁路(徐兰、合蚌高速铁路)与京沪通道的交汇点,对于服务国内东西向和南北向的客运需求至关重要,是开行跨线列车最多,也是能力最紧张的区段,跨线比例达到了 68%。

跨线列车在京沪通道型高速铁路上的开行距离分布较为均匀,但最大与最小值相差较大。其中最短的是“天津西-北京南”122 km,最长的有从杭州始发,接入上海虹桥开行全程的跨线列车 1 307 km,以及

“上海虹桥-天津西”1 185 km。

京沪通道型高速铁路各个接入点上跨线列车的接入时间如下:跨线列车在清晨(6:00~7:00),中午(11:00~12:00),深夜(22:00~23:00)接入较少,在上午(8:00~9:00,10:00~11:00),下午(16:00~17:00)和晚上(20:00~21:00)接入较多。数量上看,从南京南接入的跨线列车数最多,其他接入站的跨线列车数量大致相当。

从以上分析可以得出,京沪通道型高速铁路上跨线列车在不同区段的数量、开行区间、开行距离、接入站分布、接入时间分布等特征较为复杂,导致不同区间通过能力受到跨线列车的影响不同。京沪通道型高速铁路作为我国最繁忙的铁路,连通东部沿海的主要城市,未来将有更多线路直接或间接接入京沪高速铁路,将会带来更多跨线列车<sup>[4]</sup>。

2.3 列车停站方案多样

京沪通道型高速铁路沿线设 24 个车站,车站数量多,客运需求大,因此为了在尽量满足客流需求的情况下保证旅行速度,设置了多样化的停站方案。本线列车中,停站数量最少的列车仅停上海虹桥,南京南,北京南 3 站,最多的停 13 个站;跨线列车中,由于开行区段不同,停站方案更加复杂,最少的仅停上海虹桥、南京南两站,随后跨入其他线路(上海虹桥-合肥南),最多的停 10 个站(上海虹桥-丹东)。

对京沪通道内的本线列车和跨线列车的平均停站距离及平均旅行速度进行统计,如表 1 所示。

表 1 京沪通道高速铁路停站数据统计表

	平均停站次数(包含起终点停站)/次	全部列车平均停站距离/km	单个列车最大平均停站距离/km	单个列车最小平均停站距离/km
本线列车	8.43	186	653.9	59.5
跨线列车	5.05	149	1 022.1	53.07

对不同停站次数(包含起终点停站)的本线列车和跨线列车比例进行统计,大部分本线列车停站次数较多,而大部分跨线列车停站次数较少。而且,跨线列车的平均运行距离短,平均停站次数少,本线列车平均开行距离长,停站次数多,总体来看跨线列车平均停站距离比本线列车短。其中平均停站距离小于 100 km 的本线列车占比 19.7%,跨线列车占比 26.5%。跨线列车平均旅速 205 km/h,本线列车平均旅速 224 km/h。短距离停站(<100 km)的跨线列车数量及比例也远大于本线列车,并且跨线列车停站时分高于本线列车。

### 3 通道型高速铁路通过能力影响因素分析

#### 3.1 时速350 km列车开行对通过能力的影响

京沪高速铁路目前主要开行的列车时速为300 km,随着“复兴号”动车组的广泛运营,时速为350 km的列车逐渐增多,该类列车一般途中仅停2站,旅行速度快,与时速300 km高速列车相比,两种列车全线旅行时间相差可达1~1.5 h,未来不同时速列车将长期共线运行,因此有必要分析开行时速350 km列车对通过能力的影响<sup>[5]</sup>。

在单个区间内,为保证追踪间隔,后发的快车会为了避让先发的慢车而增大发车间隔,如图1所示( $I_2 > I_1$ ),而在京沪高速通道上,站间距最大的是“德州东—沧州西”(103.8 km),时速350 km与时速300 km列车的通通时分相差2 min 6 s,达到了4 min发车间隔的一半。

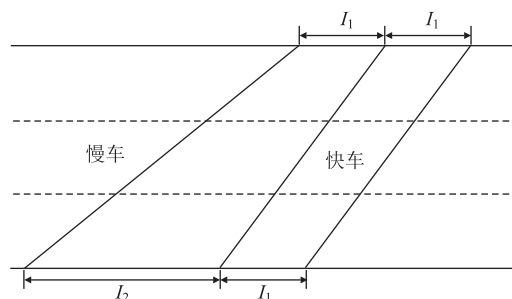


图1 单个区间内速度差对通过能力的影响图

而在全线范围内,为保证高等级快车优先开行,慢车被快车越行,如图2所示,被越行的列车停站时间一般在6~7 min左右,远大于一般的停站时间2 min。此时快车占用运行图时间并不决定于限制区间,而需要按整个通道考虑其影响范围,在各站都可能存在一定的空费时间,对整体通过能力造成影响。在京沪通道内,时速350 km列车与时速300 km列车全程通通时分相差27 min,则若在以4 min间隔追踪开行时速300 km列车的情况下,开行时速350 km列车,快车将越行约7列慢车。

时速350 km列车除了与时速300 km列车存在速度差,同时为提高该类列车的服务品质,在始发站的发车时刻也有一定的特殊性,目前运行图上均为7:00~19:00整点发车,由此产生了运行图上的时间带,其他列车只能开行在时速350 km列车之间,无法按照最小发车间隔开行列车,造成了分割效应,影响通过能力。从实际运行图分析,每列300 km/h的列车至少在京沪

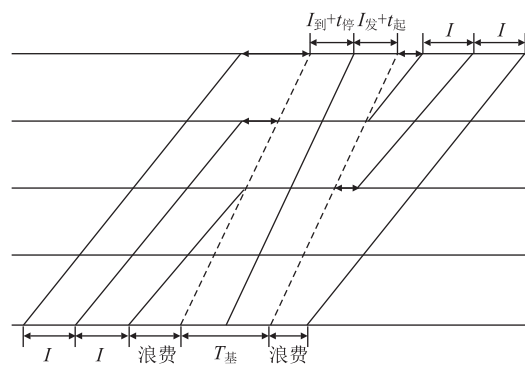


图2 多个区间内速度差对通过能力的影响图

高速铁路区段被350 km/h的列车越行1次;能力最紧张的徐蚌段越行比例超过30%,沪宁段和宁蚌段为40%。

#### 3.2 跨线列车对高速铁路通过能力的影响

跨线列车在一定程度上满足了旅客多样化的直达需求,在通道型高速铁路上具有可行的必要性和必然性。在目前的运行图编制过程中,由于牵涉到衔接线路列车开行的影响,因此跨线列车优先级相对较高,其在跨线点有着比本线时速300 km的列车更严格的时间窗,和时速350 km列车一起基本上固定了京沪高速铁路的列车运行图框架,本线时速300 km列车只能在跨线列车和时速350 km列车开行的固定结构之下确定开行时间,制约了列车运行图编制的灵活性,降低了线路通过能力。例如“沈阳北—苍南”列车运行全程15 h 20 min,经过7条线路,列车跨线数量越多,其开行时间点的约束也就越大,在上海虹桥站接入时间基本只能在10:15~11:00之间。同时,跨线列车的接入还存在一定的空费时间及时间约束,如图3所示。对2018年4月10日运行图中接入站全天的跨线列车接入空费时间进行统计,如图4所示。虽然铺画较为紧密,跨线列车在接入点的平均空费时间较小,但考虑到跨线列车接入数量较大,因此整体空费时间也较长。

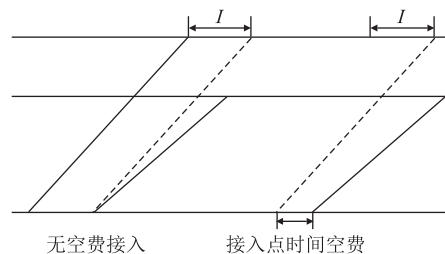


图3 跨线列车接入空费示意图

跨线列车交出后,若列车所占据的这一时空范围下的高速铁路通道内,没有其他列车补充利用未被占

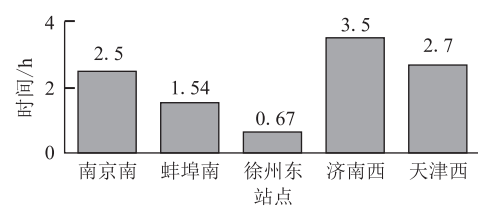


图4 京沪高速铁路各接入站上行方向接入跨线列车平均空费时间图

用的运行线,则该运行线的后续通过能力没有被充分利用;同理,跨线列车在接入通道之前,该列车所占据的通道时空范围内没有其他列车与之接续,也说明通过能力未被完全利用。跨线列车接续示意图如图5所示,列车1有接续,列车2和3无接续。

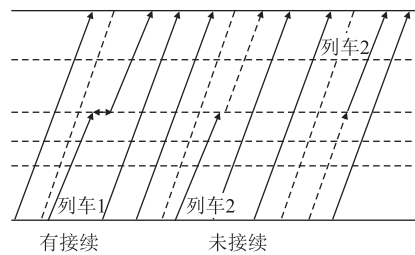


图5 跨线列车接续情况示意图

无接续列车主要包含两种情况:

- (1) 客运需求有限,不需要补充开行短程区段列车,例如在天津南-北京南区段没有必要高密度铺满运行线,因此从天津西交出的跨线列车,其后续运行线可能无接续列车。
- (2) 跨线列车交出后,后半程的能力被该列车的后方列车占用或被该列车越行的列车占用(如图6所示),即前后两列车在满足追踪间隔约束下出发后,通道内可以完整地开行两列车,但是因为速差、停站等因素,某一列车的部分通道能力被占用且无可接续的列车。

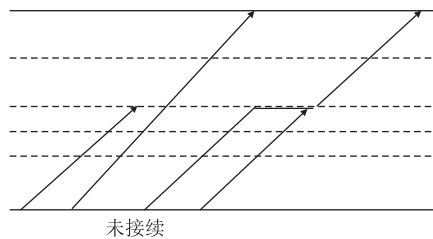


图6 跨线列车剩余能力被占用情况图

综合以上分析,跨线列车的开行也具有相对固定的发车间隔与交接地,因此无法与其他列车组成最

优开行方案,产生空费时间;且跨线列车一般只开通道内的部分区段,同一时间段内其他区段的通过能力难以得到利用<sup>[6]</sup>。

3.3 停站对通过能力影响

针对高速铁路上列车停站对于通过能力的影响,许多学者从理论层面进行了分析,指出单次停站的空费时间,以及提出优化停站方案能够减少停站对通过能力的浪费。以京沪高速铁路为例,列车每一次停站,都会产生约2倍发车间隔的空费时间( $I=4\text{ min}$ ,  $t_{\text{停}}=t_{\text{起停}}+t_{\text{站}}=8\text{ min}$ ),如图7所示,列车停站对通过能力影响较大,实际运行图编制中,通过优化不同列车的停站方案,可以减少空费时间的累积,如图8所示,“由远及近”的停站方案能够显著减少停站带来的空费时间。

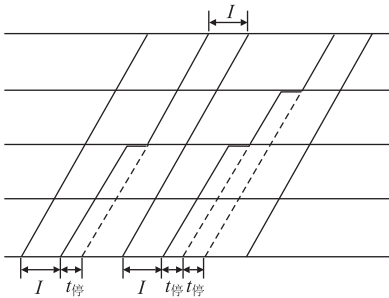


图7 停站产生的空费时间图

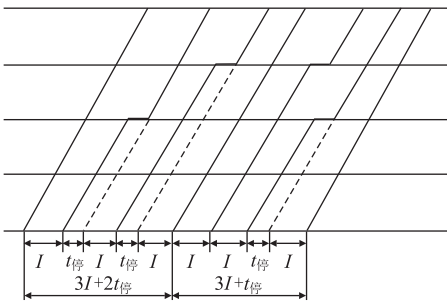


图8 停站方案组合减少停站空费图

由于京沪通道型高速铁路上同时存在多种速度等级的列车,且京沪通道跨越距离长,则一列时速350 km的列车通常会越行多列时速300 km列车,因越行而产生的停站时间更长。跨线车接入点的时间和位置通常在运行图铺画前就固定,因此时速300 km列车在铺画时为了避让这些跨线列车,也会造成停站,同时使得通道内列车的停站方案多种多样,难以按照“由远及近”等较优方案进行设置。实际运行图铺画中,通过优化具体运行线的停站方案,可从一定程度上减少由于停站所产生的空费时间<sup>[7]</sup>。



## 4 通道型高速铁路列车开行方案优化

根据客流需求和通过能力评估,本研究认为,通道型高速铁路列车开行方案的设置是在现有运行条件基础上,按照一定的优先顺序,协调配置不同速度列车的数量以及本线列车和跨线列车的开行比例,再以客流需求为主要约束优化全线的列车停站方案,尽量挖掘线路通过能力潜能,提高对增长的客流需求的适应性。

### 4.1 有计划增加时速 350 km 高速列车开行数量

速度差是影响线路通过能力的重要因素<sup>[8]</sup>。在通道型高速铁路主要开行时速 350 km 与时速 300 km 两类列车的情况下,两类列车的数量关系决定了通过能力的数量级和变化趋势。根据同济大学徐瑞华课题组模拟实验可知,利用传统铁路通过能力的计算原理,从整体通道出发,综合考虑通道上开行列车的速度、跨线列车比例以及列车停站方案等因素,采用计算机铺画满表运行图的方法,计算各区段通过能力,并进一步衔接成为全线满表列车运行图,最终得到通道整体通过能力,为列车开行方案的确定、列车运行图的编制提供依据。在时速 350 km 列车数量增加的过程中,通过线路的能力会有一个先降后升的过程。对于时速 350 km 高速列车开行数量的增加,应在进一步量化评估的基础上采取最佳的时间方案。为尽量减少对通过能力的影响,时速 350 km 列车的增加可划分为三个阶段:

(1) 平稳投放阶段。这一阶段列车上线 15 ~ 26 对,通过能力随时速 350 km 列车增加而有一定程度下降,应控制时速 350 km 列车的上线数量,采取均衡铺画,以保证服务质量,并通过调整跨线车和时速 300 km 本线车的方案减少通过能力降低的影响。这期间,部分跨线列车也升级为时速 350 km 列车。

(2) 快速布局阶段。这一阶段的上线数为 27 ~ 143 对,通过合理的开行方案保证稳定的通过能力。这一时期可主要采取 0.5 h 均衡铺画和 1 h 均衡铺画,并加快时速 350 km 列车上线,尽快度过可能存在的服务不均衡时期。主要衔接通道跨线列车也升级为时速 350 km 列车。

(3) 全面换代阶段。这一阶段根据需要投放上线 143 ~ 195 对,京沪通道全面淘汰时速 300 km 列车,运行速度和线路通行能力全面达到新的平台。这期间,大部分跨线列车升级为时速 350 km 列车。

### 4.2 控制跨线列车开行比例

跨线列车的开行具有充分的客流量基础。同时从

客流调查发现旅客中转换乘的顾虑主要在时间因素和可靠性上,旅客出行选择的主要偏好还是跨线直达。现阶段的中转换乘时间和列车衔接的可靠性还很难吸引跨线出行旅客的选择。减少跨线列车会降低旅客服务水平。跨线列车由于时间窗的限制和运行区段限制,会形成前后本线列车接续的空费时间,造成通过能力的损失。同时,随着跨线车数量增加,会对本线时速 350 km 的全程列车数量产生影响。某一区段运行的跨线列车数的增加对本线列车和通过能力的影响不是线性的,在一定范围内,跨线列车的开行对通过能力影响较小,而当跨线列车比例增加到一定值,才会对通道通过能力及本线列车的开行造成较大影响。因此,应在时速 350 km 列车基本框架确定的基础上将跨线列车控制在合理的比例范围。跨线车合理比例确定的方法建议如下:

(1) 选取基准区段确定该区段接入接出跨线车的合理数量。因为跨线列车对各区段的影响是不同的,应选取跨线列车开行需求最大的区段作为基准区段,确定该区段不影响线路能力的合理跨线列车比例。以京沪通道为例,“蚌埠南 - 徐州东”区段接入接出跨线列车需求最大,可作为跨线列车比例的基准区段。经仿真计算可知,当该区段开行蚌埠南接入、徐州东接出跨线列车的数量在 70 列以内时,对线路的通过能力影响很小。故基准区段接入接出列车跨线列车合理数量为 0 ~ 70 列。超出 70 列则无法避免对线路通过能力产生影响。

(2) 确定各区段跨线车数量,调整跨线车开行和衔接方案。以基准区段接入接出跨线列车数量为依据,对跨越该区段的其他跨线列车进行分解计算,计算其他衔接区段的跨线列车数量。原来 1 趟跨线列车在逻辑上可分解为 2 ~ 3 趟衔接的跨线列车或区段列车。在列车开行时,可在蚌埠南和徐州东通过增加停站或在线解编或在线重联,实现跨线客流的无换乘中转;也可将一趟跨线车在蚌埠南站或徐州东站分成两趟列车接续开行,旅客在衔接站中转换乘。

### 4.3 优化列车停站方案

通道型高速铁路的停站应既满足长途出行旅客的快速出行需求,又满足短途旅客的便捷出行需求。对于列车停站方案的优化应从线路功能上确定各站的停站优先级别,以满足客流出行需求,再确定列车间的停站协调方案,以减少对通过能力的影响。

(1) 各站停站优先级别的确定。根据客流调查、客票数据和社会经济数据确定高速铁路通道沿线各站

的到发客流需求,并确定停站优先级别。根据客票数据统计可知,京沪通道各站的到发客流量可分为三个级别:到发客流量大:上海虹桥、苏州北、南京南、徐州东、济南西、天津南、北京南;到发客流量较大:昆山南、无锡东、常州北、镇江南、蚌埠南、宿州东、曲阜东、泰安;到发客流量较少:丹阳北、滁州、定远、枣庄西、滕州东、德州东、沧州西、廊坊。根据上述各站客流分级确定停站比例和服务频率。同时,上海虹桥、南京南、蚌埠南、徐州东、济南西、天津南、北京南等跨线列车接入出车站可考虑适当增加 10% 的停站,以方便跨线客流的中转换乘,作为跨线直达方式的补充和拓展。京沪通道沿线各站的停站次数与平均间隔建议设置如表 2 所示。

表 2 京沪通道各站停站优先级表

优先级	停站次数 /次	停站间隔 /min	站名
第一优先级	80 ~ 150	5 ~ 10	上海虹桥、苏州北、南京南、蚌埠南、徐州东、济南西、天津南、北京南
第二优先级	40 ~ 79	10 ~ 20	昆山南、无锡东、常州北、镇江南、宿州东、曲阜东、泰安
第三优先级	25 ~ 39	20 ~ 30	滁州、滕州东、德州东、沧州西
第四优先级	10 ~ 24	> 30	丹阳北、定远、枣庄、廊坊

(2)单趟列车停站方案的衔接。应在单趟列车上做好通道上主要客流 OD 之间的直达运输,即每趟列车应根据其运行时段,优先设置该时段主要 OD 对的停站和座席预留,最大限度衔接满足该时段主要 OD 之间客流出行的需求。例如,早高峰上海虹桥到南京南、徐州东、济南西的客流量巨大,应在该时段多预留虹桥到这三站的座席和增加南京南、徐州东、济南西站停车的次数。在通勤时段合理安排沪宁区段内部、京津冀、济南西和徐州东之间各站间的短途列车和停站。

(3)多趟列车停站方案的协调。为减少列车停站对通过能力的影响,应在列车之间做好停站方案的协调,减少停站带来的时间空费。基本方法是在前后行列车上成组采取由远及近的阶梯停站方法。应根据客票数据获知主要客流 OD,优化列车在通道上的停站方案,长短途列车结合、大站停和站站停交错,既能提供全程和跨区段中长途旅客的高速送达,也能提供区段内短途旅客的便捷送达。以京沪通道为例,虹桥站

出发列车,根据客流 OD,去往北京南、徐州东、济南西等跨区段大站和南京南、苏州北、无锡东、常州北、昆山南、镇江南等区段内车站的客流量较大,列车停站方案应优先考虑这些客流的送达服务。

参考文献:

[1] 王宝杰. 京沪高速铁路通过能力影响因素分析[J]. 铁道运输与经济, 2017, 39(6): 16-21.  
WANG Baojie. Analysis on the Factors Influencing Carrying Capacity of Beijing-Shanghai High-speed Railway [J]. Railway Transport and Economy, 2017, 39(6): 16-21.

[2] 曲思源. 长三角高速铁路运营管理创新与应用[M]. 成都: 西南交通大学出版社, 2019.  
QU Siyuan. Innovation and Application of Operation Management of High Speed Railways in Yangtze River Delta [M]. Chengdu: Southwest Jiaotong University Press, 2019.

[3] 曲思源. 城际铁路运营组织与管理[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2017.  
QU Siyuan. Operation Organization and Management of Inter-city Railway [M]. Beijing: China Railway Publishing House, 2017.

[4] 徐瑞华. 轨道交通系统行车组织[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2005.  
XU Ruihua. Train Operation Organization of Rail Transit System [M]. Beijing: China Railway Publishing House, 2005.

[5] 彭其渊. 客运专线运输组织[M]. 北京: 科学出版社, 2007.  
PENG Qiyuan. Transportation Organization of Passenger Dedicated Line [M]. Beijing: Science Press, 2007.

[6] 张守帅, 田长海, 闫海峰. 扣除系数法在高速铁路通过能力计算中的适应性[J]. 交通运输系统工程与信息, 2017, 17(2): 148-153.  
ZHANG Shoushuai, TIAN Changhai, YAN Haifeng. Adaptability of the Removal Coefficient Method in Calculation Method of High-speed Railway's Passing Capability [J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2017, 17(2): 148-153.

[7] 孙晚华. 基于运量结构的铁路干线通过能力计算方法研究[J]. 铁道学报, 2016, 38(12): 8-13.  
SUN Wanhua. Study on Calculation Method for Carrying Capacity of Main Railway Line Based on Transportation Demand [J]. Journal of the China Railway Society, 2016, 38(12): 8-13.

[8] 陈宽民, 严宝杰. 道路通行能力分析[M]. 北京: 人民交通出版社, 2011.  
CHEN Kuanmin, YAN Baojie. Highway Capacity Analysis [M]. Beijing: China Communications Press, 2011.

(编辑:白雪 张红英)