

沪武高速董浜枢纽改扩建方案研究

曹文涛¹, 李志涛², 孙学琴²

(1.江苏交通控股有限公司, 江苏 南京 210019; 2.苏交科集团股份有限公司, 江苏 南京 210019)

摘要: 枢纽互通式立交交叉是高速公路间连续、快速交通转换的重要保证, 结合高速公路改扩建对现有枢纽立交进行改扩建是为了更好地发挥其路网功能。文中以沪武(上海—武汉)高速公路太仓至常州段扩建工程董浜枢纽改扩建为例, 研究大交通流量枢纽在营运状态下进行改扩建的主要技术问题。

关键词: 桥梁; 枢纽互通; 高速公路; 改扩建

中图分类号: U442.5

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2021)06-0115-04

沪武(上海—武汉)高速公路是上海至成都国家高速公路并行线, 全线共 766 km。其中太仓至常州段贯穿江苏省南沿江经济发达地区, 受区域经济快速增长的影响, 建成通车以来交通流量持续增长, 拥堵已成常态, 目前正在进行扩容研究。董浜枢纽是沪武与沈海(沈阳—海口)高速公路的交叉枢纽, 是项目路交通转换量最大、影响范围最广的枢纽, 如何保证其在营运状态下进行改扩建值得深入研究。

1 工程概况

1.1 互通现状

董浜枢纽现状为对角双环变异苜蓿叶形枢纽(见图 1), 主线上跨被交道, 匝道桥上跨主线和被交道。主线沪武高速公路设计速度为 120 km/h, 董浜枢纽内部及以西为双向四车道, 枢纽以东至苏沪界为双向六车道。被交道沈海高速公路设计速度为 120 km/h, 枢纽内部为双向四车道, 枢纽以外为双向六车道。主流向苏通大桥往返上海方向匝道设计速度为 80 km/h, 环形左转弯匝道设计速度为 40

km/h, 其他匝道设计速度为 60 km/h。

项目区为苏南经济发达区, 东南象限董浜镇区城市化进程较高, 紧靠枢纽外侧分布大量厂房, 其他象限零星分布民房。被交道沈海高速公路上的董浜互通与董浜枢纽的间距为 2.1 km, 董浜枢纽改造应尽量减小对邻近工点的影响。

1.2 交通量调查分析及预测

1.2.1 过江通道对交通量的影响分析

由于现状江苏省过江通道数量少、间距大, 多个过江通道存在拥堵情况, 董浜枢纽连接的苏通大桥是其中最拥堵的大桥之一。为满足江苏省经济社会发展的需要、过江交通量增长和实现江苏省相关交通规划的需要, 2020 年国家发展改革委印发《长江干线过江通道布局规划(2020—2035 年)》, 其中江苏省规划建设过江通道为 13 座, 分别为锦文路过江通道、南京地铁 4 号线过江通道、南京市域快速轨道过江通道、南京上元门过江通道、南京七乡河过江通道、龙潭长江大桥、宁仪城际铁路过江通道、润扬第二过江通道、江阴第二过江通道、江阴第三过江通道、张皋过江通道、苏通第二过江通道、海太过江通道。

为准确分析新增过江通道对董浜枢纽直行交通和转向交通的影响, 先将沪武高速公路的现状交通组成中剥离出过江交通出行总量, 再获取已通车运营过江通道的利用情况, 依据建设时序逐步从路网中加入新增过江通道, 最后按照最短路径、容量限制、出行习惯、收费政策、限行等因素进行过江通道交通流量平衡分布。根据文献[2], 未来区域内沪苏通大桥、海太过江通道、苏通第二过江通道的建成对苏通长江公路大桥分流较明显, 预测分流比例分别为 20.0%、18.5%和 10.6%, 其他新增过江通道的分

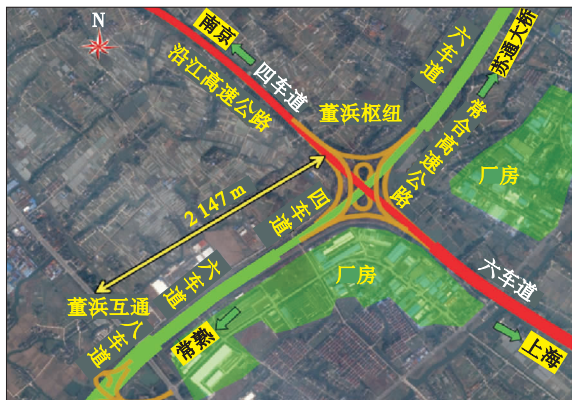


图 1 现状董浜枢纽及建设条件

流作用对董浜枢纽交通量的影响较小。

1.2.2 交通量调查与预测

交通量调查采用不间断摄像的现场观测方法,并采用江苏省高速公路联网数据进行检验和修正,

形成基准年 OD 成果。预测采用“四阶段推测法”,以江苏省高速公路网规划路网为基础,使用 TransCAD 建模进行交通量预测。董浜枢纽转向交通量预测结果见图 2。

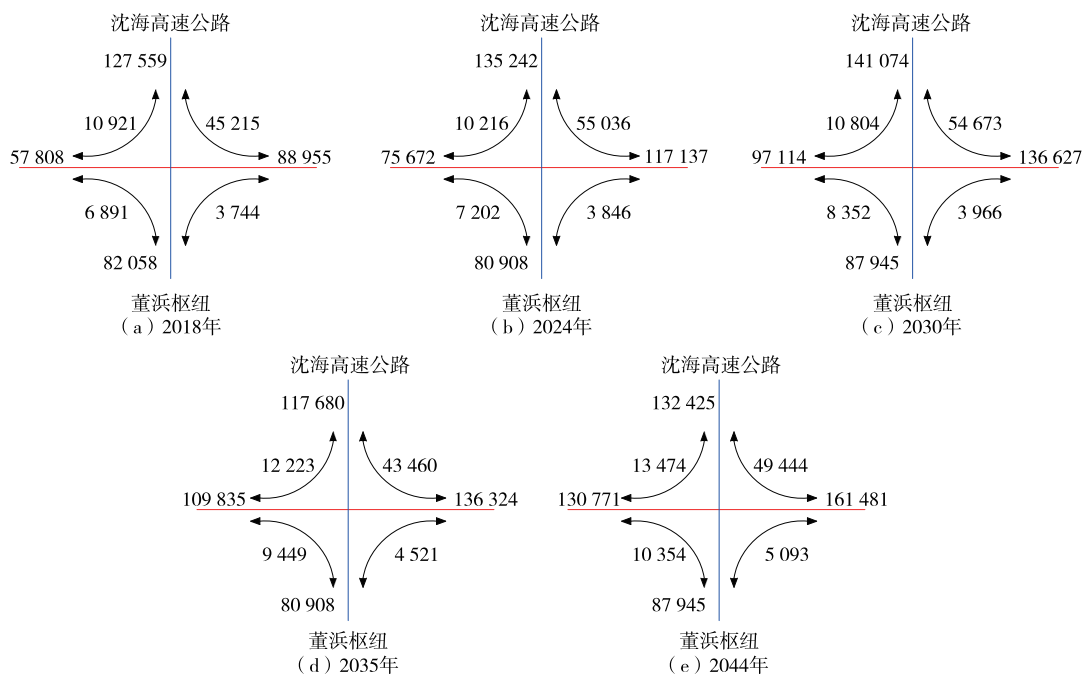


图2 董浜枢纽不同特征年交通量预测结果(单位:pcu/d)

由图2可知:沪武主线、被交道直行交通量均较大,上海往返苏通大桥始终为主要交通方向,其他方向的转向交通量相对较小;主要交通方向的转向交通量受新增过江通道分流作用的影响明显。

1.2.3 交通适应性分析

从预测结果来看,现状枢纽形式与董浜枢纽的交通量基本相符,采用文献[4]中的方法进一步分析现状枢纽匝道、匝道连接部(分流区、合流区)的通行能力和服务水平,结果显示:现状枢纽所有匝道的服务水平与现状、预测交通量相适应,均能满足不低于四级的要求;在沪武主线不进行扩建的情况下,枢纽区受直行方向交通的影响,匝道连接部的服务水平和交通量适应性较差,在2030年降到四级及以下;在对沪武主线扩建的情况下,通过增加主线行车道数增强非影响区的通行能力,可使整座枢纽互通的服务水平得到保障。

2 互通改建方案设计与分析

2.1 改扩建重点分析

(1) 枢纽的功能定位高,施工期间交通组织要求较高。从路网角度看,主线为东西向沪武国家高

速公路的重要组成部分、江苏省规划网中的“横八”,被交道沈海高速公路为国家高速路网南北纵线之一、唯一一条贯通中国东南沿海地区的高速公路;董浜枢纽作为联系这2条高速公路的枢纽互通,是东南沿海地区沟通的重要纽带,转向交通量大,改造期间不能长时间中断交通流或降低服务水平,施工期间交通组织要求高,改造方案论证需重点考虑。

(2) 枢纽的整体转向量大,营运期间交通组织要求较高。董浜枢纽在预测末年的总转向交通量高达78 364 pcu/d,主要交通方向占比高达63%。大转向交通量的枢纽改造方案论证时既要满足各方向交通转换的需求,还要保证整体交通组织简单清晰,便于驾驶人员判断。

(3) 枢纽改造方案需全局考虑,避免重复建设。被交道沈海高速公路在枢纽内侧为双向四车道,已成为交通瓶颈,枢纽改造应全局统筹考虑,同步研究被交道拓宽改造,避免重复建设,以免造成工程浪费和不良社会影响。

(4) 枢纽附近大型工点多,应尽量减小对邻近工程的影响。被交道沈海高速公路在董浜枢纽南侧连续设置了董浜互通、董浜南枢纽,间距分别为2.1

和2 km,形成了复合式立体交叉,改造应尽量减小对其他工点的影响,避免产生连锁反应。

(5) 枢纽改造应尽可能保护土地资源,减少占地。项目地处苏南经济高度发达的苏州市,土地资源非常宝贵,寸土寸金。在满足功能的需求下,枢纽改造应优选占地少的方案。

2.2 互通改建方案分析

互通立交的改扩建一般采用原位改建和移位重建两种思路。董浜枢纽为2条国家高速公路的立体交叉,受路网条件、建设条件等限制,整座枢纽的主体基本不存在移位重建的可能,故针对原位改造方案进行重点研究。在原位改造方案中,结合沪武主线的拼宽方式,存在现状枢纽是否保留两类方案:第一类方案为沪武主线采用分离方式进行扩容,现状枢纽完全保留;第二类方案为沪武主线采用整体拼宽方式,枢纽进行原位拆除改造。

2.2.1 第一类方案:沪武主线采用分离方式扩容,现状枢纽保留

通过分离主线,对直行交通量进行分流,使现状枢纽形式和匝道通行能力可满足交通增长的需求。现状枢纽完全保留,实现交叉高速公路的交通转向功能,原有工程利用率高,并可较好地解决改扩建施工期间大转向交通的组织问题。对比分析主线单侧分离(方案一,见图3)和双侧分离(方案二,见图4)2种方案,其交通组织、服务水平及被交道处置等情况基本相同,但主线单侧分离方案的新增用地更少,故选取单侧分离方案进行深入研究。

在现状枢纽范围外的沪武主线上设置分、合流点,将主线分离出整体双向六车道,避开东南象限的董浜镇密布厂房,另辟新线从枢纽北侧跨越,分离的主线采用菱形互通进行沟通,形成菱形+现状枢纽的复合式立体交叉(即方案一)。改造后枢纽区主线



图3 董浜枢纽改扩建方案一

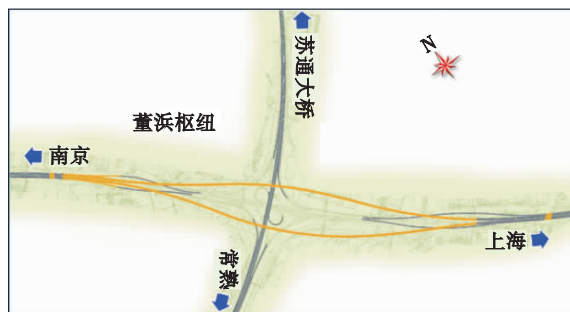


图4 董浜枢纽改扩建方案二

为“2+3”分离拼宽形式,分离拼宽主线的里程为3.5 km,新建菱形互通匝道共计4.6 km。原上跨沈海高速公路的主线桥完全保留,被交道在枢纽内部仅能满足拼宽为双向六车道,且在上跨桥墩处需局部压缩硬路肩,在2030年前后,沈海高速公路的服务水平预计降至三级下限。

主线采用分离扩容后,董浜枢纽节点运营期的交通组织可采用“客货分行”和“方向分行”2种方式。经服务水平分析,2种方式均可满足规范要求,客货分行方式的容错纠错功能更强,但误入交通量增加会明显降低服务水平,增加安全风险。因此,推荐采用方向分行的方式进行交通组织。

2.2.2 第二类方案:沪武主线采用整体拼宽,现状枢纽进行原位改造

第一类主线分离扩容方案尽管施工期间交通组织保通压力较小,但运营期的交通组织复杂且被交道拓宽净空受限问题未能得到有效解决。因此,提出第二类方案,即对沪武主线采用整体拼宽,现状董浜枢纽原位拆除改造。结合交通量预测结果和施工保通要求进行互通形式选择,提出对角双环变异苜蓿叶和直连式2种方案。

(1) 方案三:对角双环变异苜蓿叶。该方案为枢纽原位改建,形式和现状枢纽相同(见图5)。该方案与交通的主要流向相符,并可充分利用现状枢纽占地。沪武主线双侧拼宽为八车道整体断面,新



图5 董浜枢纽改扩建方案三

的互通匝道避开原有匝道位置重建。原上跨沈海高速公路的主线桥通过左、右分幅施工调整桥跨,被交道在枢纽内部拼宽为标准的双向八车道断面,服务水平可始终保持在三级以上,保证国家主干道发挥较好的功能。施工期匝道先建新后拆旧,除交通量较小的环形匝道外,其他方向基本不需要中断交通,可较好地解决大流量交通组织问题。

(2) 方案四:直连式互通。该方案将左转弯环形匝道调整为内转弯半直连式,形成直连式互通立交(见图6),其形式与交通流向相符,可充分利用原

有占地,并解决方案三环形匝道在施工过程中中断交通的问题。该方案内转弯半直连匝道同时跨越主线、被交道及匝道,形成“4层式”立交,桥梁规模增加较多,枢纽整体高度较大,工程造价较高,景观效果不佳。

对比方案三和方案四,从满足工程需求和节约工程造价角度,方案三优势明显,环形匝道改造中断交通的问题可通过发达的区域路网来寻求解决方案。因此,选择方案三进行进一步研究和比选。

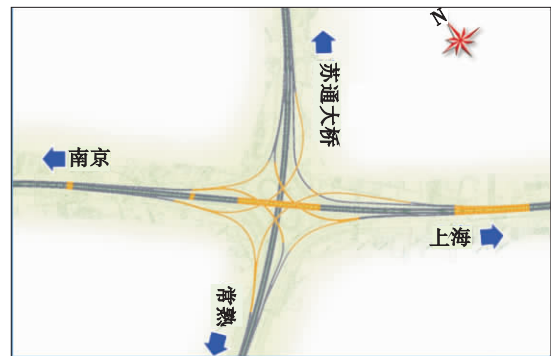


图6 董浜枢纽改扩建方案四

2.3 互通方案比选

在两类方案中优选出方案一和方案三,从技术、经济、现状枢纽利用、施工期和运营期交通组织、被交道处置及景观等多因素综合分析,两方案各有优势,均有较高的研究价值。方案三虽然总造价稍高,但运营期交通组织简单,更符合行驶习惯,整体景观效果更好,且能较好地解决被交道拓宽改造问题,故将方案三作为推荐方案(见表1)。

表1 董浜枢纽改扩建方案比选

项目	方案一	方案三
互通形式	菱形+对向双环苜蓿叶组合式	对角双环变异苜蓿叶
新增用地/m ²	415 333.54	384 666.86
拆除桥梁面积/m ²	5 686	14 467
新建桥梁面积/m ²	75 654	102 483
总造价/亿元	14.40	14.86
枢纽功能	强	强
交通量的适应性	好	好
现状枢纽利用情况	利用率高	匝道全部拆除重建
施工期交通组织	简单	稍复杂,匝道“先建新后拆旧”, 环形左转弯匝道短时间中断交通
运营期交通组织	稍复杂	简单明确,符合行驶习惯
被交道处置	“双六”断面且需压缩硬路肩, 服务水平会降至三级下限	标准“双八”,服务水平始终在三级以上
工期/月	30	48
景观	整体景观不佳	整体景观效果好
结论		推荐

3 结语

高速公路中枢纽互通立交是复杂的系统工程,涉及面较广,而运营状态下的枢纽改造需考虑的因素更多。该文以董浜枢纽为例,采用“四阶段推测法”,以江苏省高速公路网规划路网为基础,依据全省高速公路网建设时序,重点考虑新增过江通道的

影响,预测了董浜枢纽改扩建完成后20年的交通量;通过交通适应性评价,分析了现状互通与交通量的适应性,为方案制订提供依据;分析了改扩建重点,并结合沪武主线的改扩建,论证了保留现状枢纽的主线分离扩容和原位拆除改建两类方案,优选方案后进行多维度比选,最终推荐采用总体相对较优

(下转第126页)

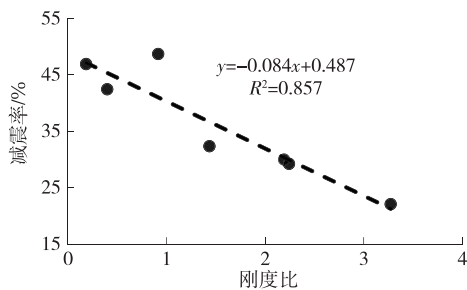


图11 减震率和刚度比的关系曲线(Ⅳ类场地)

3种场地工况下减震率和刚度比关系的对比见图12。

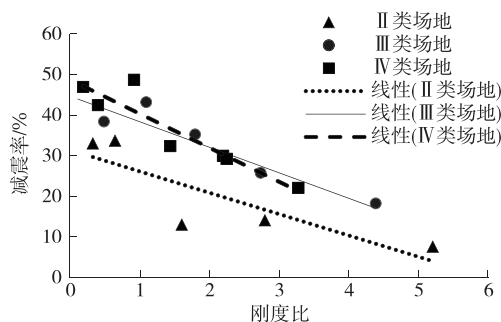


图12 不同场地类别下减震率和刚度比关系曲线

从图12可看出:Ⅱ类场地工况下减震率小于其他2种工况,说明在地质良好的情况下不宜采用减隔震设计。Ⅳ类场地工况下曲线斜率高于Ⅲ类场地工况,说明刚度比较小时,地质越差,减震率越大;刚度比较大时,地质越差,减震率越小。刚度比等于4时,减震率约为20%,说明减隔震设计适用于刚度比小于4的结构。

4 结论

通过对采用板式橡胶支座和减隔震支座的简支桥梁进行地震波时程分析,得出简支桥梁减震率和刚度比的关系,并考虑不同因素对它们关系的影响,

得出以下结论:

(1) 减震率和刚度比成线性关系,刚度比越大,减震率越小。刚度比可作为判断结构减震率的重要指标,刚度比大于3~4时,结构的减震率将小于20%,此时不宜采用减隔震设计。

(2) 刚度比小于2时,烈度越大,减震率越大;刚度比大于2时,烈度越大,减震率越小。

(3) Ⅱ类场地下不宜采用减隔震设计。刚度比小于2时,地质越差,减震率越大;刚度比大于2时,地质越差,减震率越小。

参考文献:

- [1] 张西丁.桩柱式桥墩的减隔震抗震性能研究[J].交通科技,2019(5):74-77.
- [2] 招商局重庆交通科研设计院有限公司.公路桥梁抗震设计规范:JTG/T 2231-01-2020[S].北京:人民交通出版社股份有限公司,2020.
- [3] 中交第一公路勘察设计研究院有限公司.公路桥梁高阻尼隔震橡胶支座:JT/T 842-2012[S].北京:人民交通出版社,2013.
- [4] 陈光,王晓伟,叶爱君.减隔震支座对不同墩高桥梁地震反应的影响[J].结构工程师,2015,31(3):128-134.
- [5] 魏思斯.减隔震支座在连续梁桥中的合理适用范围研究[J].公路交通技术,2015(6):32-37.
- [6] 刘丹.等截面多跨连续梁桥减隔震技术研究[D].长沙:中南大学,2012.
- [7] 中交公路规划设计院有限公司.公路桥涵地基与基础设计规范:JTG 3363-2019[S].北京:人民交通出版社股份有限公司,2019.
- [8] 刘新华,李加武,周琴,等.简支梁桥铅芯橡胶支座减震特性研究[J].建筑科学与工程学报,2014,31(3):124-131.

收稿日期:2021-02-23

(上接第118页)

的方案进行改扩建。

参考文献:

- [1] 国家发展改革委.长江干线过江通道布局规划(2020—2035年):发改基础[2020]512号[A].北京:国家发展改革委,2020.
- [2] 苏交科集团股份有限公司.沪武高速公路太仓至常州段扩建工程可行性研究报告[R].南京:苏交科集团股份有限公司,2018.

- [3] 晏杉,南爱强.TransCAD软件在公路建设项目交通量分析与预测中的应用[J].中外公路,2011,31(4):273-276.
- [4] 周荣贵,钟连德.公路通行能力手册[M].北京:人民交通出版社股份有限公司,2017.
- [5] 中交第一公路勘察设计研究院有限公司.公路路线设计规范:JTG D20-2017[S].北京:人民交通出版社股份有限公司,2017.

收稿日期:2021-02-25