

高速公路改扩建中整体式双向十车道技术标准论证

李志涛¹, 王建元²

(1. 苏交科集团股份有限公司, 江苏 南京 210017; 2. 江苏交通控股有限公司, 江苏 南京 210017)

摘要: 依据沪武(上海—武汉)高速公路在区域路网中的功能和定位, 在交通量预测和满足高速公路技术标准的适应性分析的基础上, 研究沪武高速公路改扩建中太仓至常州段不同路段的技术标准选择与技术指标运用, 重点对交通量最大的太仓北枢纽至董浜枢纽段采用整体式双向十车道高速公路技术标准进行论证。

关键词: 公路; 高速公路; 改扩建; 技术标准; 多车道形式

中图分类号: U418.8

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2022)02-0089-05

1 项目背景

根据国家、江苏省高速公路网规划, 长江两岸横向主要高速通道为江南的沪蓉(上海—成都)高速公路、沿江高速公路[即沪武(上海—武汉)高速公路]和江北的沪陕(上海—西安)高速公路。沪武高速公路位于江苏长江以南, 区域经济发达, 人口密集, 交通出行需求旺盛。是江苏长江以南最靠近长江的横向高速公路, 与众多过江通道相交, 是苏南第一条承担过江通道转向交通的高速公路(见图 1)。



图 1 沪武高速公路的地理位置示意图

由于沪蓉高速公路已扩建为双向八车道, 交通量已达 16 万~22 万 pcu/d, 加上两侧限制因素较多, 基本无法再次扩建。同时沪武高速公路近年来交通量已达 5 万~11 万 pcu/d, 达到双向六车道高速公路通行能力三级下限, 局部路段达到四级水平。根据项目功能及现状交通量分析, 沪武高速公路太仓至常州段是国家高速公路网的重要组成部分、长江经济带综合立体交通走廊中重要公路交通基础设施、支持长江三角洲城市群建设的重要核心骨架道路, 其改扩建有益于加强苏州、无锡、常州地区与上海的沟通联系, 贯彻落实长三角更高质量一体化发展国家战略。

施、支持长江三角洲城市群建设的重要核心骨架道路, 其改扩建有益于加强苏州、无锡、常州地区与上海的沟通联系, 贯彻落实长三角更高质量一体化发展国家战略。

2 交通量预测

沪武高速公路太仓至常州段现状如下: 苏沪省界至太仓北枢纽段和太仓北枢纽至董浜枢纽段[即沪武高速公路与 G15 沈海(沈阳—海口)高速公路共线段]为双向六车道, 董浜枢纽至常州南互通段为双向四车道, 设计速度为 120 km/h。现状交通量及预测交通量见图 2~5 和表 1。

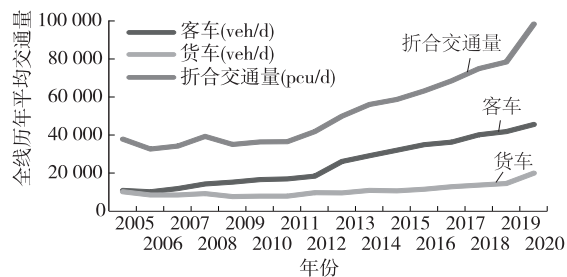


图 2 全线历年平均交通量

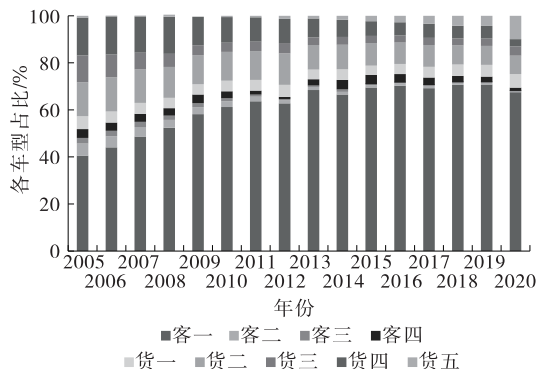


图 3 全线历年车辆组成

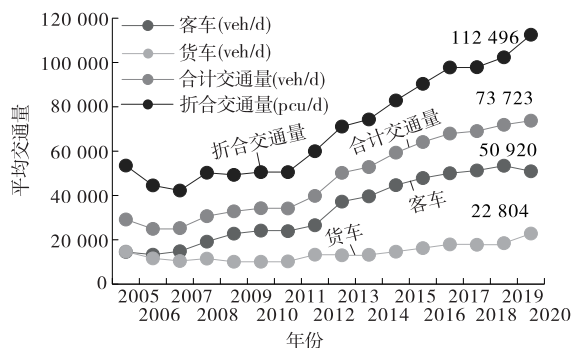


图4 太仓北至董浜枢纽段平均交通量

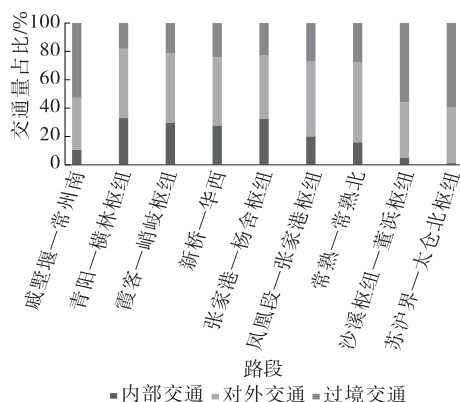


图5 全线现状交通出行组成

表1 全线现状交通量及预测交通量 pcu/d

路段	各年交通量	
	2020年	2043年
苏沪界—太仓北枢纽	109 626	146 481
太仓北枢纽—沙溪枢纽	103 611	186 354
沙溪枢纽—支塘枢纽	104 036	193 289
支塘枢纽—董浜枢纽	104 036	161 641
董浜枢纽—张家港枢纽	68 892	130 995
张家港枢纽—杨舍枢纽	81 150	141 859
杨舍枢纽—峭岐枢纽	82 381	135 602
峭岐枢纽—横林枢纽	60 149	110 158
横林枢纽—常州南互通	76 030	120 461

(1) 沪武高速公路全线 2020 年平均交通量达到 9.8 万 pcu/d(含四车道及六车道路段)。

(2) 沪武高速公路太仓北枢纽至董浜枢纽段 2020 年平均交通量达到 14.6 万 pcu/d;2043 年各路段最大预测交通量达到 19.3 万 pcu/d,出现在沙溪枢纽—支塘枢纽段。

(3) 由于远期太仓北枢纽至苏沪界有沿江高速公路二期实施,可分流太仓北枢纽至苏沪界段交通量。太仓北枢纽至董浜枢纽段无新增高速走廊,而该段为最方便的通道,其交通量将持续快速增长。

(4) 在交通量最大的太仓北枢纽至董浜枢纽

段,考虑服务区出入量,直行交通(即从太仓北枢纽到董浜枢纽的双向直行,中途不出入互通和服务区)的交通量占总交通量的 85.8%,尤其是太仓北枢纽至沙溪枢纽段直行占比高达 93.4%。主要原因为该路段靠近上海,且其里程不长,大部分车辆选择直达目的地的通行模式。

3 超八车道高速公路技术标准选择

3.1 改扩建原则

既有高速公路改扩建的技术标准选择主要考虑因素如下:

(1) 改扩建后高速公路满足项目路的功能需求。沪武高速公路太仓至常州段是苏南地区横向主骨架高速公路,其中太仓北枢纽至董浜枢纽段与 G15 沈海高速公路共线,是国家高速公路网中局部路段横向、纵向共线段,是长三角地区出入上海的重要高速通道。

(2) 改扩建后高速公路适应未来交通量,保持较高的服务水平,满足设计年的交通需求。

(3) 对于超大流量路段,应深入分析区域内公路走廊新建可行性。无新增高速走廊时,应充分利用既有高速公路资源,合理分析采用原路改扩建的技术标准。

3.2 技术指标的运用情况

对现状高速公路进行平纵拟合,总体平纵指标较好(见表 2),符合现行高速公路 120 km/h 的设计指标。该项目原位改扩建能最有效地利用既有高速公路,节约资源和减少占用土地,达到改善行车条件、提高公路通行能力的目标。

表2 现状路线平纵主要指标

主要指标	指标值
路线总长/km	134.861
最大平曲线半径/m	9 011.865
最小平曲线半径/m	1 800
$R < 500$ m 的平曲线数量/处	2
平曲线所占比例/%	76.907
最小凸形竖曲线半径/m	20 000
最小凹形竖曲线半径/m	12 006.68
最大纵坡/%	2

3.3 国内外多车道高速公路案例

(1) 深圳水官(布吉镇水径村—龙岗镇官井头)高速公路,全长 20.14 km,为国内首条双向十车道全照明全监控高速公路,位于城市内部,采用内侧双向六车道高速公路+外侧双向四车道辅道设计标准

(未设置左侧硬路肩),其功能类似于城市快速路。内侧双向六车道与外侧双向四车道之间设置 0.5 m 宽分隔带,标划双黄色振荡标线,设置突起路标隔离,并配以分车道分车型限速指示标志及全线监控设施,严格分离小型车与大型车。该高速公路为深圳城市组团之间联系的主骨架道路,交通流和沪武高速公路存在一定差异。但从其运营经验来看,客、货车通过标线分隔能有效约束绝大部分驾驶者。

(2) 合肥绕城高速公路陇西至路口段采用双向十车道 49.5 m 宽标准,里程 7.355 km。起终点为高速公路与高速公路交叉枢纽,区段内设 1 个互通,通过在 42 m 双向八车道标准上左右各增加 1 条 3.75 m 宽标准车道,形成 49.5 m 宽路面。

(3) 欧洲和美国十车道高速公路多在密集城市群之间或大城市绕城路段,有整体式、分离式等。整体式大多半幅 4~6 条车道,分离式每幅 3~4 条车道,部分路段设置 HOV 专用车道(共乘车道或多乘员车道)。在发达国家,部分交通量较大的高速路段设置了整体式双向十车道及以上车道。

3.4 技术指标的选取

根据 JTG D20—2017《公路路线设计规范》,高速公路通行能力 C_d 按下式计算:

$$C_d = MSF_i f_{hv} f_p f_f \quad (1)$$

式中: MSF_i 为设计服务水平下最大服务交通量; f_{hv} 为交通组成修正系数; f_p 为驾驶人总体特征修正系数; f_f 为路侧干扰修正系数。

根据交通量预测结果,该项目除太仓北枢纽至董浜枢纽段交通量超过 15 万 pcu/d 外,其余路段远期交通量为 11 万~15 万 pcu/d。从其交通特点分析,可采用双向八车道技术标准扩建。

太仓北枢纽至董浜枢纽段远期交通量达 16 万~19 万 pcu/d,且项目区域内无新建高速公路走廊条件,选择在原高速公路进行改扩建。

根据 JTG D20—2017,对于超过八车道的高速公路,应根据公路功能、技术等级、交通量和地形等采取整体式或分离式路基断面形式;双向十车道及以上高速公路可采用复合式断面形式(见图 6)。

JTG D20—2017第6.4.2条规定,高速公路整

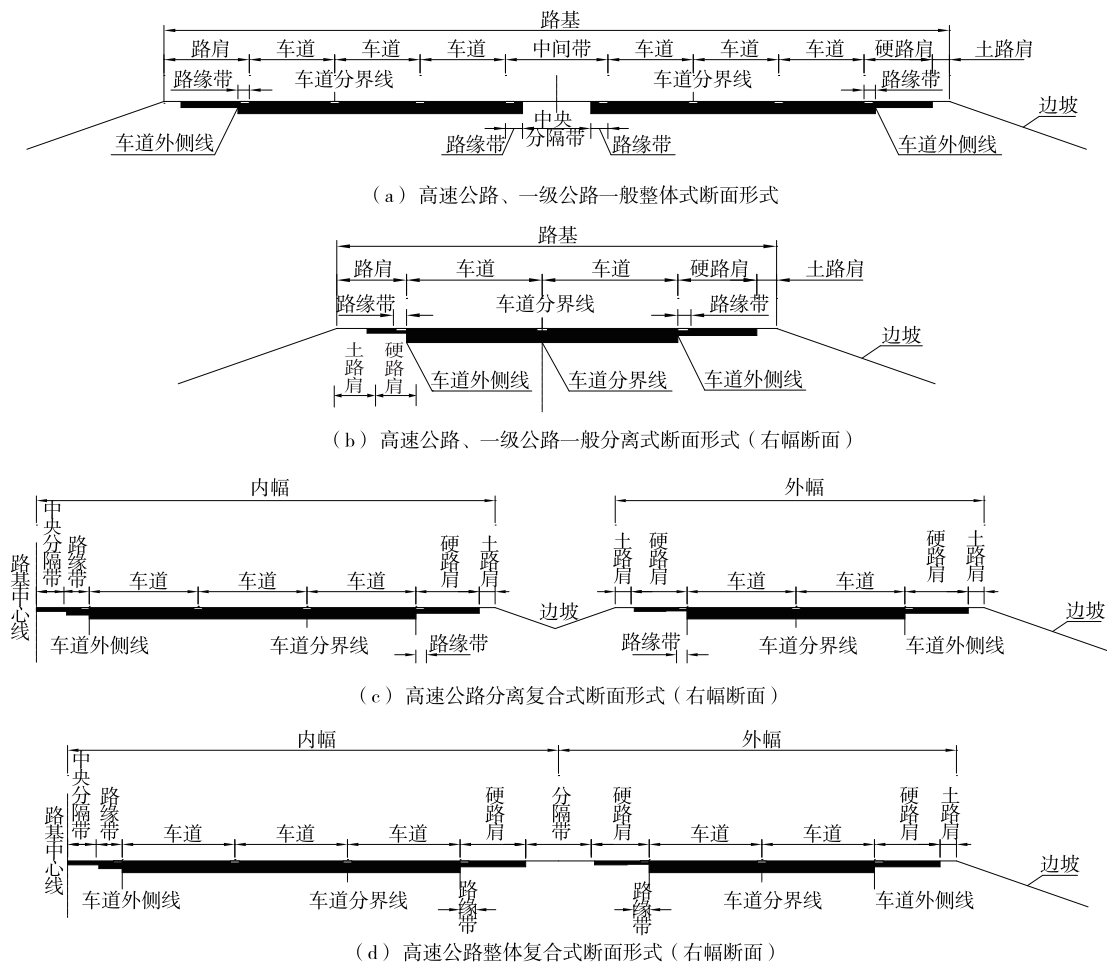


图 6 《公路路线设计规范》中的标准横断面

体式路基双向八车道及以上路段,左侧硬路基宽度不得小于2.5 m。对于超过八车道的整体式高速公路,增设左侧路肩解决左侧停车问题,从经济学的角度分析,其安全收益远大于投资成本。其次,根据该规范对右侧硬路肩的论述,该项目左侧硬路肩虽然只停靠客车,但临近车道为小客车为主的车辆,设计速度120 km/h,第1车道运营速度比靠近右侧硬路肩的第5车道高很多,故左侧硬路肩宽度采用3 m较安全。

根据该项目交通量特征,小客车占比达63%,运营采用客货分分管控措施,第1车道可限制为小客车通行。JTG D20—2017第6.2.1条规定,八车道及以上公路内侧车道(仅第1、2车道)仅限小客车通行时,其车道宽度可采用3.5 m。该项目采用客货分分管控,根据交通组成可按1、2、3车道客车,4、5车道货车运营。因此,第1车道可仅限小客车,采用3.5 m宽车道,以节约项目用地。

对于大流量高速公路,除断面形式外,考虑到车道较多、国内车辆行驶特性等,国内大部分高速公路管理采用客货分行模式。另外,该项目端至端的直行流占比较大,对于横断面设置也有客货分行、直行车道设置的考虑。故提出以下断面进行比较:

(1) 整体式双向十车道,客货分行。断面形式为3 m中分带+(3 m左侧硬路肩+3.5 m行车道+4×3.75 m行车道+3 m右侧硬路肩+0.75 m土路肩)×2=53.5 m。车道管理方案为第1车道小客车,第2车道客车,第3车道客、货车(以客车为主),第4、5车道货车。客车3车道V/C为0.72(V为交通量,C为通行能力),货车2车道V/C为0.63,满足三级服务水平要求。

(2) 整体式双向十车道,客货分行,并设置1.5 m标线分隔带。断面形式为3 m中分带+(3 m左侧硬路肩+3×3.75 m客车行车道+1.5 m标线分隔带+2×3.75 m货车行车道+3 m右侧硬路肩+0.75 m土路肩)×2=57 m。该断面在断面1的基础上考虑客货分道行驶的运行速度有一定差异,且流量较大,在客、货车之间设置满足侧向余宽的标线分隔带,降低安全风险。该方案的占地较大,工程投资较大。

(3) 整体复合式双向十二车道,客货分行。断面形式为3 m中分带+(0.75 m左侧路缘带+3×3.75 m行车道+3 m右侧硬路肩+2 m分隔带+1.25 m左侧硬路肩+3×3.75 m行车道+3 m右侧

硬路肩+0.75 m土路肩)×2=69.5 m。该方案按规范中整体复合式断面形式设计。由于客、货车硬隔离,运营方式是分离式,且2 m分隔带对于互通出入设置较困难,考虑造价因素采用内侧直行不出入,则沙溪服务区、沙溪枢纽、沙溪互通需整体分离,互通只接外侧,计算得外侧车道数需求分别为2.61、2.14、2.91条,即外侧需3条车道。该方案的造价相比整体式十车道大,用地量也大幅增加。

(4) 平面分离式断面双向十二车道。该项目原为双向六车道,可在外侧以分离式新建3条车道,形成双向十二车道分离式断面,断面宽75~91 m。该方案内外车道可通过设置连接匝道满足出入互通的需求,但用地量最大,工程投资高。

(5) 纵面分离式断面双向十二车道。在现有六车道高速公路外侧设置全程高架桥,每侧三车道,并设置上下匝道连接,满足进出互通的需求。该方案造价最高,且由于该项目在局部需下穿高速铁路,需地面分离下穿后再高架,用地节约量无明显优势。

除以上5种断面方案外,在断面形式不变的情况下,对车辆行驶的交通管控可分为客货混行、客货分行、目的地分行方案。各种断面和交通管控方案对比见表3。

从多车道断面组成、交通运行方式、用地、造价、规范符合性等方面对各断面方案及交通管控方案进行对比分析,结果显示:整体式双向十车道通过客、货车分车道管理可满足三级服务水平要求,交通安全性能得到保证,在工程投资上具有较大优势,且节约用地。整体复合式与分离式从交通运行上都是内外分离式,太仓北枢纽至董浜枢纽段25 km范围内设置有服务区1处、枢纽2处、互通1处,平均间距约5 km,虽然从交通通行特征来看该段端到端的直行流占比较高,但该段内几处互通枢纽的出入也有一定需求,分离式形式存在一定不适应性,而且整体复合式与分离式的占地大、造价高,包括纵向分离式连续高架设置半幅3+3车道分离式高速公路,对运营期的管养、救援等要求更高。在整体式断面中,考虑设置范围为太仓北枢纽至董浜枢纽段25 km,里程不长,且车辆行驶特征为端到端的交通流占比较大,客车占比接近80%,同时考虑节约用地、项目投资经济性等,推荐采用整体式双向十车道断面。在整体式双向十车道断面中,半幅3+2车道标线分隔方式虽然可将客、货车分开一定侧向距离以减少速度差的影响,但用地和造价提高,考虑到该段落为骨

表 3 太仓北枢纽至董浜枢纽段各断面方案对比

断面形式		交通管控方案	路基宽度/m	新增用地面积/m²	建安费/亿元	总造价/亿元	服务水平
整体式	整体式双向 十车道	客货混行	53.5	905 119	37.42	61.51	四级
		客货分行	53.5	905 119	37.42	61.51	三级
		目的地分行	53.5	905 119	37.42	61.51	四级
	整体式半幅 3+2 车道标 线分隔	客货混行	57.0	987 160	39.99	65.48	三级
	整体复合式半 幅 3+3 车道	客货分行	69.0	1 344 005	41.44	70.11	三级或二级
目的地分行		69.5	1 356 678	42.01	70.75	三级或二级	
分离式	半幅 3+3 车道	客货分行	17+a+35+b+17,	1 466 066	53.52	78.20	三级或二级
	平面分离式	目的地分行	路面平均宽 73.0	1 466 066	53.52	78.20	三级或二级
	半幅 3+3 车道	客货分行	62.0	815 074	60.72	80.53	三级或二级
	立体分离式	目的地分行	62.0	815 074	60.72	80.53	三级或二级

注:a、b 为分离路基之间的宽度。

架高速公路,过境车辆占比大,驾驶者对路况较熟悉,出入高速公路提前判断,减少变道对主线行驶的干扰。因此,推荐采用 53.5 m 整体式双向十车道断面。

在整体式双向十车道交通管控上,对客货混行、客货分行、目的地分行进行对比,客货混行服务水平只能达到四级,不满足高速公路服务水平最小三级的要求。目的地分行方式,其服务水平低于客货分行,且目前尚未有该方式管控的高速公路先例,驾驶者对该方案的适应性有待研究。因此,该项目最终在整体式双向十车道断面中推荐客货分行的 53.5 m 断面方案。

4 结论

通过分析论证,推荐太仓北枢纽至董浜枢纽段采用整体式双向十车道技术标准,其余路段采用整体式双向八车道技术标准。

针对整体式双向十车道断面的路拱方案,对单幅双向路拱、单幅折线形路拱、单幅单向路拱方案进行对比分析,结合项目区域内沪宁(上海—南京)高速公路部分枢纽段双向八车道及辅助车道处超宽断面的排水情况分析,推荐采用单幅单向路拱方案,并设置路面综合排水措施。

整体式双向十车道断面范围内互通设置几何指标通过仿真和数据分析,在既有规范的基础上进一步加强,保障互通出入的安全性。在交通标志、标线

的设置上,采用局部实线、互通出入口阶梯形标线、全线门架及可变信号板等多重措施对交通流进行合理管控。

参考文献:

[1] 交通运输部公路司,中交第一公路勘察设计研究院有限公司.公路工程技术标准:JTG B01—2014[S].北京:人民交通出版社,2014.

[2] 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.

[3] 魏雪延,徐铖铖,王伟,等.多车道高速公路通行能力分析[与建模[J].交通运输系统工程与信息,2017,17(2):105—111.

[4] 李国春.多车道高速公路互通形式研究[J].北方交通,2016(12):24—27.

[5] 闫岑.金利至蚬岗段互通立交改扩建方案探讨[J].公路与汽运,2021(5):125—127+132.

[6] 高子翔.十车道高速公路连续桥梁段改扩建交通组织方案研究[J].公路与汽运,2021(6):51—54.

[7] 祝建华,吕茂丰,查旭东,等.钢丝网加筋新老路面结合部抗拓宽路基差异沉降的数值模拟[J].长沙理工大学学报(自然科学版),2021,18(4):1—8.

[8] 梁健健,李晨新,魏田正,等.公路改、扩建施工区设施与减速特征关系研究[J].交通科学与工程,2020,36(1):93—97.

收稿日期:2021—08—05