

预留远期改扩建条件下高速公路超前设计探讨

张金, 张焱发, 潘丹

(湖北省交通规划设计院股份有限公司, 湖北 武汉 430051)

摘要: 该文结合工程设计经验, 对考虑到预留远期扩建八车道条件下, 现阶段实按四车道高速公路建设, 超前设计时需重点关注的问题进行论述总结, 从路线平面线形指标预留、超高横坡预留、平面线元组合超前设计、纵断面指标预留、路基横断面加宽方式的选择、互通式立体交叉变速车道几何指标及主线出入口匝道线形设计等方面进行探讨。

关键词: 高速公路改扩建; 预留; 超前设计

随着经济的不断发展, 国省高速公路网承担的交通量成倍增趋势, 现阶段运营或启动开工建设的高速公路项目中, 湖北省内目前已运营高速公路多为四车道高速公路, 设计速度为 100 km/h, 日趋增加的交通量与公路实际通行能力不相匹配的矛盾渐显, 高速公路原走廊改扩建方案通过道路扩容, 能有效缓解矛盾, 高速公路改扩建工程项目的设计及施工实施中, 往往存在原高速公路主线平面、纵面、横断面技术指标设计不匹配, 互通式立体交叉设置紧凑而无法适应改扩建方案所需互通的布设, 原路基横断面未考虑扩建方案所需放坡空间, 上跨主线桥涵构造物跨径无法满足改扩建条件, 隧道或特大桥梁等特殊节点往往因为扩建空间受限, 以上种种不利因素均对今后改扩建方案有很大制约, 导致改扩建工程规模偏大, 不能充分利用既有高速公路横断面进行扩建, 部分桥梁构造物废弃, 整

个互通拆除重建, 隧道或特大桥梁因为无法有效扩建而成为瓶颈路段, 因此, 现阶段高速公路设计中, 如何有效地为远期多车道改扩建方案预留空间, 又不过于增大现阶段投资规模, 是一个值得探讨的问题。该文从路线、路基路面、互通式立体交叉、分离式立交等设计方面出发, 对高速公路勘察设计时, 考虑预留改扩建条件的高速公路超前设计进行探讨。

1 路线设计

原有四车道高速公路, 相比于扩建六车道方案, 扩建八车道方案从对快速增长的交通量适应性、远期经济效益、避免多次重复建设、大型结构物加宽合理性、施工及质量控制难度等方面, 远期八车道扩建方案无疑比六车道更为合理, 现状 100 km/h 设计速度, 不能

- *****
- [4] 勾俊芳, 韩森, 杨晓飞, 等. 废胶粉对热拌沥青混合料疲劳性能的影响[J]. 中外公路, 2017(2).
- [5] 魏斌. 基于橡胶粉与 SBS 复合改性技术钢桥面铺筑沥青混合料耐久性试验研究[J]. 公路工程, 2015(5).
- [6] 韦大川, 王云鹏, 李世武, 等. 橡胶粉与 SBS 复合改性沥青路用性能与微观结构[J]. 吉林大学学报(工学版), 2008(3).
- [7] 向丽. 废橡胶粉/SBS 复合改性沥青的机理和性能研究[D]. 中国石油大学(华东)博士学位论文, 2011.
- [8] 王志刚, 杜英, 向丽, 等. 废橡胶粉/SBS 复合改性沥青制备研究[J]. 石油炼制与化工, 2010(4).
- [9] 王岚, 陈刚, 邢永明, 等. 老化对胶粉和 SBS 改性沥青流变性能的影响[J]. 建筑材料学报, 2015(3).
- [10] 陈志国, 姚冬冬, 于丽梅, 等. 应对极端气候的橡胶粉 SBS 复合改性沥青成套技术研究与应用[J]. 吉林交通科技, 2016(1).
- [11] 黄卫东, 钟皓白, 李本亮, 等. 不同疲劳试验中改性沥青混合料疲劳性能对比[J]. 建筑材料学报, 2019(1).
- [12] 吴凡. 基于半圆弯曲试验的沥青混合料疲劳愈合性能研究[D]. 东南大学硕士学位论文, 2018.
- [13] 冯新军, 杨强, 赵弘正, 等. 沥青混合料疲劳寿命的新现象学模型研究[J]. 中外公路, 2018(3).
- [14] 谢军, 罗文浩. 沥青混合料 3 种疲劳试验方法对比分析[J]. 中外公路, 2018(2).

满足远期八车道高速公路运营需求,因为路容的扩宽,内侧超车道要满足提速到 120 km/h 的条件,因此,勘察设计时需按现状 120 km/h 考虑平纵面设计指标,避免由于设计指标不满足,从而制约远期八车道高速公路运营提速设计,以下分析为远期按 120 km/h 设计时速条件下,路线设计方面需考虑的内容。

1.1 平面设计

1.1.1 最小平曲线半径的选取

平面指标除了需满足规范规定的最小平曲线半径外,尤其要注意在条件允许下,需采用大的平曲线半径以保证内侧车道停车视距要求。

勘察设计者除了对路线最外侧车道进行停车视距检验外,也需对平曲线路段内侧车道进行视距检查,根据规范中对视点、物点的定义以及平曲线几何原理,平曲线内侧车道视距检验图如图1所示,不同设计时速

下停车视距所对应的平曲线半径计算结果如表 1 所示。

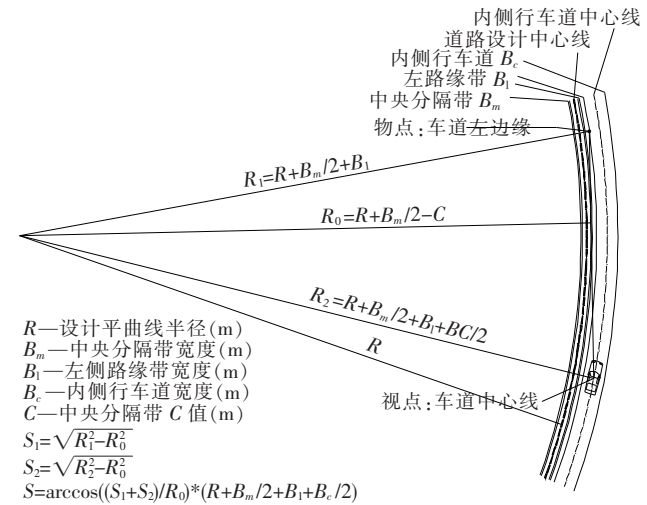


图 1 停车视距所对应平曲线半径计算示意图(单位:m)

表 1 满足停车视距要求的圆曲线最小半径

设计速度/ (km·h ⁻¹)	平曲 线半 径 R/m	中央分隔 带宽度 B _m /m	左路缘 带宽度 B _l /m	行车道 宽度 B _c /m	中央分 隔带 C 值/m	停车视距 L _s /m	R ₀ /m	R ₁ /m	R ₂ /m	计算视距 S/m
60	459.3	1	0.50	3.50	0.25	75	459.55	460.30	462.05	75.00
	458.8	2	0.50	3.50	0.25	75	459.55	460.30	462.05	75.00
80	968.1	1	0.50	3.75	0.25	110	968.35	969.10	970.98	110.00
	967.6	2	0.50	3.75	0.25	110	968.35	969.10	970.98	110.00
100	1 749.5	1	0.75	3.75	0.25	160	1 749.75	1 750.75	1 752.63	160.00
	1 749.2	2	0.75	3.75	0.25	160	1 749.95	1 750.95	1 752.83	160.00
	2 634.8	1	0.75	3.75	0.50	210	2 634.80	2 636.05	2 637.93	210.00
120	2 634.2	2	0.75	3.75	0.50	210	2 634.70	2 635.95	2 637.83	210.00
	2 633.6	3	0.75	3.75	0.50	210	2 634.60	2 635.85	2 637.73	210.00

注:S 的计算值为 S₁+S₂ 对应弧长的近似值,与停车视距略有偏差,但对结果影响很小。

由表 1 可以看出:考虑到远期改扩建方案的实施,需考虑设计速度为 120 km/h 时,平曲线段内侧车道满足停车视距要求而所需的最小半径为,有条件的情况下,最小平曲线半径建议提高至 2 640 m,对最小平曲线半径小于 2 640 m 的路段,可通过设置新泽西护栏缩窄中间带宽度而不外移内侧车道,或者加宽中间带宽度外移内侧车道等措施来满足内侧车道停车视距要求,且要求远期高速公路在运营过程中,避免中央分隔带绿植野蛮生长而侵入至公路建筑限界范围内,以保证内侧车道停车视距要求。

1.1.2 缓和曲线最小长度的选取

超高缓和段设计过程中,由于四车道改建成八车道带来的超高旋转轴至右侧路缘带外边缘宽度的增

加、设计速度提高至 120 km/h 而对超高渐变率的更高要求以及同一平曲线半径下超高值的增大,缓和曲线长度过短往往成为制约超高过渡方式的关键因素(表 2)。由表 2 可看出:同一平曲线半径下,预留八车道扩建条件设计所需缓和段长度大大增长,达到 1 倍之多,因此,现阶段四车道高速公路勘察设计过程中,需考虑足够长的超高缓和段长度,以满足预留八车道改扩建条件需求。

1.1.3 平面线元组合的超前设计

根据相关规范规定:同向平曲线间最短直线长度需满足不小于 6 倍设计速度长度的要求,对于预留改扩建条件所要求的设计速度的提高,既有高速公路设计时所考虑的同向平曲线间最短直线长度往往不满足

表 2 不同条件下超高缓和段设计参数

类别	平曲线	超高值/	超高旋转轴至右侧路缘	规范所需超	超高缓和段
	半径/m	%	带外边缘宽度 B/m	高渐变率	长度 L/m
一般性设计	1 500	3	11.25	1/225	140
预留八车道扩建条件设计	1 500	4	18.75	1/250	300

预留八车道改扩建条件的要求,此种在平面指标上与改扩建所需指标不协调匹配的情况,对改扩建工程设计方案、工程规模以及施工时保通方案均有不利影响,因此,在现有高速公路设计时应尽量避免在同向平曲线间接入临近 6 倍设计速度长度的最短长度直线,以大半径圆曲线取而代之,并在大半径圆曲线段设置最小超高,避免路拱横坡的频繁变化对行车安全舒适性造成不利影响。

1.2 纵面设计

根据 JTG D20—2017《公路路线设计规范》规定:设计速度为 100 km/h,最小坡长为 250 m,最大坡度 4%的最大坡长为 800 m;设计速度为 120 km/h,最小坡长为 300 m,最大坡度 3%的最大坡长为 900 m。规

范中最大纵坡和坡长限制指标,主要考虑了汽车的上坡动力性能以及对长大下坡的安全性。因此,考虑到预留远期改扩建条件,主线“最大纵坡”及对应的“最大坡长”均需进行调整。表 3 为武汉至阳新高速公路黄石段勘察设计项目,实际设计中考虑到预留八车道扩建条件设计时对纵断面指标超前设计的实例。

2 路基横断面加宽方式

八车道扩建路基横断面方案以拼接的形式为主,主要分为两侧加宽、两侧分离、单侧加宽和单侧分离 4 种,4 种扩建方式均有各自的适宜范围,且优缺点较为明显,如表 4 所示。

表 3 不同条件下纵断面设计方案

一般性设计			预留八车道扩建条件设计		
段落	纵坡/%	坡长/m	段落	纵坡/%	坡长/m
K41+200~K41+750	1.26	550	K41+200~K41+880	1.89	680
K41+750~K42+560	3.47	840	K41+880~K42+720	2.92	840
K42+560~K43+260	2.00	700	K42+720~K43+150	1.95	430
K43+260~K43+840	3.48	580	K43+150~K44+000	2.94	850
K43+840~K44+ 899.050	2.23	1 059	K44+000~K44+ 899.050	2.00	899

表 4 路基横断面不同扩建方式的优缺点

路基横断面 扩建方式	优点	缺点
两侧加宽	中国主要采用的方式,原路侧空间利用度高,中分带利用率高,保持原路线形、路拱、排水方式,上跨桥利用度高,互通改动小	差异沉降控制较严格,对交通流的干扰较大,两侧边坡支挡工程重建,主线桥梁通道拼接可能导致净空不足,施工作业面小
两侧分离	部分路段可采用,原路维持原功能,新路设计灵活、适应性强,施工干扰小,新路质量易控制,上跨桥最大限度利用,主线桥不存在净空不足风险,快速集散交通模式	占地较多,工程规模较大,投资较高,车道转换受限制
单侧加宽	少量路段采用,不加宽侧边坡支挡工程可维持原状,对交通影响较小,路基设计较灵活,施工作业面大	路线中线偏移,原中分带需改造,设施重建,加宽侧边坡支挡工程设施需重建,上跨桥基本重建,加宽侧互通匝道线形调整较大,匝道利用度低
单侧分离	少量山区路段可采用,利用原老路走廊完全新建,老路新路可分配不同功能,避开老路拓宽升级后存在设计指标不符合情况	占地多,工程规模大,投资高,互通改造较困难,出入口交通组织难,维护管理不方便

根据建设条件的不同,虽然有多种加宽方式可供设计者进行比选,但在加宽方式选择上应以“安全、节约、方便、利用”为基本原则,安全即扩建方案除需保证原有道路路基、边坡、结构物安全之外,还要保证施工期行车安全和施工安全;节约即节约建设用地及建设费用,特别是老路大范围穿越基本农田区域时,扩建方案需避免对区域造成封闭效应,加宽方式也应方便施工,方便交通顺畅组织,方便扩建后的维护管理;充分利用已有用地空间,充分利用原路基、结构物,充分利用已有道路设施。对于位于重丘区,布设有特长隧道或特大型涉水桥梁时,由于桥隧等大型构造物不适宜两侧加宽,较多采用单侧加宽的方式,现阶段设计过程中,应考虑到为远期八车道扩建预留走廊条件,特别是长大隧道、隧道群、特殊复杂结构桥梁的路段,原则上在远期扩建方案中应采用局部新建分离式路线的方案,同时做好同向分离路段的交通组织和安全设计。

3 互通式立体交叉设计

预留八车道扩建条件下高速公路互通式立体交叉设计,在互通区主线范围内平纵面指标需考虑升级提速所需指标一般性最小值之外,还需对互通式立交出入主线变速车道设计进行预留条件设计,避免远期扩建方案下对原有互通进行大规模拆除重建工程,也避免地方与高速主线间转换交通量的中断对高速运营产生不利影响。

在互通区主线范围内及匝道平纵面指标方面,“互

通区主线范围内最小圆曲线半径”及“最小竖曲线半径”均需进行预留优化设计,匝道平纵面设计中,需考虑八车道预留改扩建方案造成分汇流点的变化导致匝道长度及出入主线位置的高程变化,条件允许情况下,现阶段设计中保证较长匝道长度,取用较保守的匝道平纵面指标,避免在分汇流点附近采用临近规范规定最小坡长及最小竖曲线半径指标,以免八车道预留改扩建方案对原有互通式立交匝道的不可利用。

互通式立交出入主线变速车道预留八车道扩建方案设计需从加、减速车道长度的适应性以及八车道扩建方案对既有匝道,尤其是出入主线的匝道端部利用度及匝道两个方面考虑,需考虑主线设计时速为120 km/h条件下互通立交出入口加、减速车道长度的一般性要求,出入主线的匝道端部利用度需要从出入主线的加减速车道设计方式上考虑,有如下几种设计方式可供参考:

(1) 当互通区主线位于直线段时,且变速车道范围内为路基段时,按八车道横断面布置出口匝道,再延伸出口匝道起点直线线元,布置四车道近期方案分流鼻,取规定长度渐变段及减速车道长度,远期八车道扩建只需填筑近期分流鼻至远期八车道预留时分流鼻之间三角区即可,如图2所示。此方案充分考虑远期八车道预留条件,远期改扩建施工时对匝道能完全利用,值得注意的是,近期四车道高速公路出口匝道名义上有一段与主线同坡,但远期能充分利用此段作为减速车道段,能最大限度地减少扩建工程造成的工程废弃。

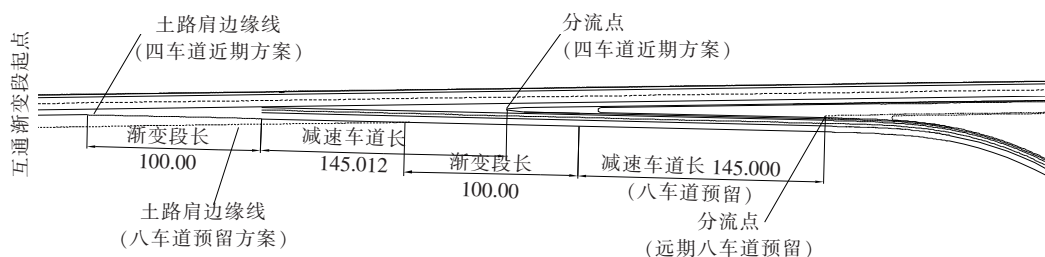


图2 主线位于直线段时出口匝道平面线形预留设计示意图(单位:m)

(2) 当互通区主线位于圆曲线段,且变速车道范围内有变宽桥梁构造物,以上方式存在远期改扩建时,三角区路基拼宽段位置桥梁不利于扩建的缺点,先期按照远期路基宽度全部建成又造成过大的工程规模,因此,此时宜采用考虑远期变速车道平移外扩的方式进行加宽,如图3所示。此方式在远期扩建成八车道时,直接在渐变段及变速车道段外围扩建等宽路基或

桥梁段,并辅助标志标线,完成八车道下主线出口的设计。但是也存在匝道分流点至匝道中部一定长度内,部分路基废弃,当原匝道上需布设桥梁构造物时,不适宜采用此种方式。

(3) 对于加速车道,预留合流鼻前接入主线的匝道线元位置,先按八车道正常设计合流鼻端及加速车道,然后直接采用较长的缓和曲线接入四车道主线,较

易实现考虑预留八车道扩建方案设计(图4),此种变速车道方案设计时需注意避免合流点距离主线上跨匝道桥梁太近,尽量避免变宽桥梁增加设计及施工难度。需要注意的是,八车道正常设计时缓和曲线参数较四车道主线设计时小,需首要考虑八车道正常设计时缓和曲线参数满足相关规范要求。

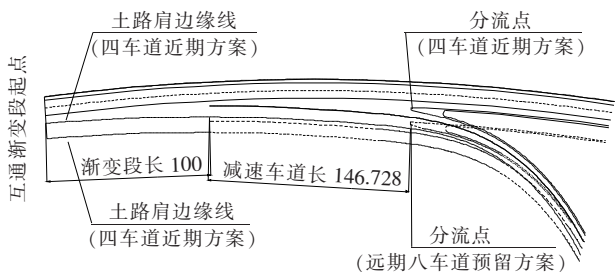


图3 主线位于曲线段时出口匝道平面线形预留设计示意图(单位:m)

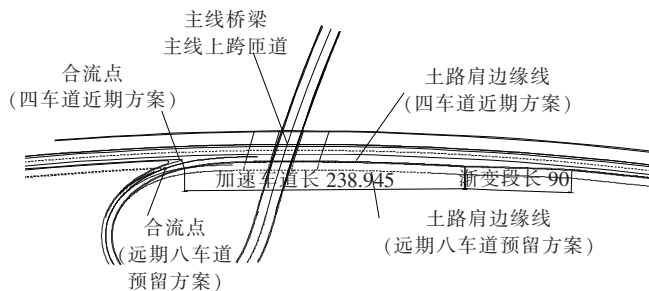


图4 入口匝道平面线形预留设计示意图(单位:m)

4 结论

该文对考虑远期扩建八车道条件下,现阶段实按四车道高速公路设计时需重点关注的问题进行了简要论述,得到以下结论:

(1) 平面指标除了需满足规范所需最小平曲线半径外,尤其注意在条件允许下,需采用大的平曲线半径

以保证内侧车道停车视距要求。

(2) 超高缓和段设计时,现阶段四车道高速公路勘察设计过程中,需考虑足够长的超高缓和段长度,以满足预留八车道改扩建条件需求。

(3) 平面线元组合的超前设计时,应尽量避免在同向平曲线间接入临近6倍设计速度长度的最短长度直线,应以大半径圆曲线取而代之,并在大半径圆曲线段设置最小超高,以满足远期扩建对内侧车道提速的需求。

(4) 纵面设计指标预留设计时,需考虑远期扩建对内侧车道提速而对纵坡指标提出更高的要求。

(5) 路基横断面不同扩建方式均有其适用范围,宜结合各种环境条件及制约因素择优选定。

(6) 在互通区主线范围内平纵面指标除需考虑升级提速所需指标一般性最小值之外,还需对互通式立交出入口匝道变速车道进行预留条件设计,并对主线出入口匝道线形预留设计,尽量减少远期改扩建工程造成的工程废弃,践行绿色环保公路理念。

参考文献:

- [1] JTG B01—2014 公路工程技术标准[S].
- [2] JTG D20—2017 公路路线设计规范[S].
- [3] 张金水. 道路勘测与设计[M]. 上海: 同济大学出版社, 2005.
- [4] 杨永前, 黄红明: S形曲线超过渡设计方法研究[J]. 中外公路, 2017(6).
- [5] 王建锋. 公路与城市道路立交改造方案设计[J]. 中外公路, 2018(6).
- [6] 张军辉, 刘杰, 邓宗煌. 公路改扩建工程老路基处治深度研究[J]. 中外公路, 2019(5).
- [7] 湖北省交通规划设计院股份有限公司. 《武汉至阳新高速公路黄石段》两阶段施工图设计文件[Z], 2019.
- [8] 杨洋, 李莉莉. 国内外公路超高设计对比分析及其应用研究[J]. 中外公路, 2018(3).