

# 高速公路改扩建左侧硬路肩设置影响因素探讨

熊文磊, 马天奕, 李卓智

(中交第二公路勘察设计院有限公司, 湖北 武汉 430056)

**摘要:**为明确现阶段中国高速公路改扩建为超多车道后左侧硬路肩是否设置问题,以广深高速公路为例,利用广深高速公路全线现状交通量、交通事故等数据,从统计学角度对对比分析六车道及未设左侧硬路肩十车道路段在实际运营过程中呈现的事故特征及交通特性差异,确定交织程度、货车比例、超车道事故率等影响左侧硬路肩设置的因素及其阈值,得到结论如下:针对分析路段,平均每公里交织程度高于0.12,货车比例大于0.15和现状超车道事故率大于0.40的多车道路段,在条件允许的情况下,建议设置左侧硬路肩。

**关键词:**改扩建;左侧硬路肩;设置条件;影响因素;事故分析

左侧硬路肩功能定位为故障车辆及轻微事故车辆提供紧急停靠空间,减少变道行为,降低变道事故发生率。JTG D20—2017《公路路线设计规范》条文中规定,根据国外多车道高速公路建设与运营经验,高速公路同向单幅车道数达四车道及以上时,无论是整体式路基断面还是分离式路基断面,均宜设置宽度应不小于2.5 m的左侧硬路肩,为内侧车道故障车辆提供临时停靠的空间。近年来随着交通量的发展,中国相继完成了沈大高速公路、杭甬高速公路、沪宁高速公路等项目的四扩八工程。新建了广州机场高速公路等八车道高速公路,已建成的十车道高速公路包括水官高速和合肥绕城高速等。但这些高速公路均未设置左侧硬路肩。类似日本土地资源稀缺的国家其右侧硬路肩最高也仅为1.75 m,其宽度不够故障车辆临时停放。而美国土地资源丰富且道路通行能力较高的国家,左侧硬路肩设置较普遍且功能主要作为救援车道使用。

随着近年来中国经济高速发展,部分高速公路沿线城镇化程度较高,布局紧凑,平面拓展受限路段多,改扩建为超多车道后,全线设置左侧硬路肩的限制因素较多。并且中国国内已建成的八、十车道高速公路运营现状表明:全线设置左侧硬路肩必要性不强。因此,该文根据广深高速公路的交通量及事故特征,分析多车道高速公路左侧硬路肩设置的影响因素及必要性。

## 1 变道事故分析

以广深高速公路为研究对象,广深高速公路是国

家高速公路网中京港澳高速(G4)及沈海高速公路(G15)的重要组成部分,目前全线以六车道为主,在JTG D20—2017《公路路线设计规范》实施之前,有3段先行改扩建为双向十车道路段,分别为厚街南—虎门港、太平—五点梅、福永—鹤洲,均未设置左侧硬路肩。

广深高速公路的特殊性在于全线由六车道及未设置左侧硬路肩的十车道路段组成,该文分别对广深高速公路六车道路段及十车道路段事故数据进行分析,研究六车道和未设左侧硬路肩的十车道高速公路事故特征的差异,为确定左侧硬路肩设置影响因素。

### 1.1 变道事故定义

八车道以上高速公路由于单侧路幅较宽,内侧车辆在紧急情况下较难顺利到达右侧硬路肩,给道路正常运营造成不安全因素。经论证,设置左侧硬路肩的主要作用是为故障车辆及轻微事故车辆提供紧急停靠空间,减少变道行为,降低变道事故发生率,道路救援等功能仍由右侧硬路肩承担。基于左侧硬路肩的功能出发,该研究仅分析广深高速公路的变道事故数据。

变道事故定义:指故障车辆及轻微事故车辆在向右变道至右侧硬路肩过程中引发的事故,包括:

(1) 双向六车道:① 故障车辆因前往右侧硬路肩变道过程中而引起的交通事故;② 由轻微事故车辆未能及时移动至右侧硬路肩引起的二次事故。

(2) 双向十车道:① 主线“变道事故”包括主线行驶的车辆发生故障后,因变道而引起的交通事故。以及主线行驶的车辆发生轻微事故后,未能及时移动至

右侧硬路肩引起的二次事故;② 超车道“变道事故”包括超车道行驶的车辆发生故障后,因变道引起的交通事故,以及超车道行驶的车辆发生轻微事故后,未能及时移动至右侧硬路肩引起的二次事故。

(1) 车辆故障主要包括爆胎、机械故障、挡风玻璃破碎、水箱缺水、电路故障、刹车失灵、轮毂脱落等。故

障车辆仍可继续行驶,司机第一反应是降速并靠边停车,考虑故障车辆诱发的事故并不都是因变道而引起的,因此采用系数进行修正,车辆故障事故数据格式如表 1 所示。

(2) 针对二次事故,该研究仅提取事故致因是变道引起的二次事故数据,具体数据如表 2 所示。

表 1 研究所需的广深高速公路车辆故障事故示意

方向	路段	位置	时间	车道位置	事故属性	事故类型
往深圳	厚街站—新联	K2 217+912	2017—04—11 19:44:11	超车道	一次事故	刹车失灵
往深圳	厚街站—新联	K2 209+912	2017—05—05 11:12:57	超车道	一次事故	机械故障
往深圳	厚街站—新联	K2 211+912	2017—08—25 17:15:26	路肩外	一次事故	机械故障
往广州	厚街站—东莞站	K2 208+212	2018—03—30 07:20:25	超车道	一次事故	车辆爆胎
往广州	厚街站—东莞站	K2 204+612	2018—04—08 23:50:06	超车道	一次事故	车辆失控
往深圳	鹤洲站—宝安站	K2 258+612	2018—05—23 03:59:25	超车道	一次事故	车辆失控

表 2 研究所需的广深高速公路二次事故示意

方向	路段	位置	时间	车道位置	事故属性	事故类型
往深圳	福永站—鹤洲站	K2 252+612	2018—09—08 13:45:57	超车道	一次事故	追尾
往深圳	福永站—鹤洲站	K2 252+812	2018—09—08 13:46:33	主车道	衍生事故	追尾
往深圳	福永站—鹤洲站	K2 250+712	2018—10—01 20:25:11	超车道	一次事故	追尾
往深圳	福永站—鹤洲站	K2 250+812	2018—10—01 20:25:28	主车道	衍生事故	追尾
往深圳	福永站—鹤洲站	K2 252+612	2018—10—25 13:40:10	超车道	一次事故	追尾
往深圳	鹤洲站—福永站	K2 252+613	2018—10—25 13:41:00	主车道	衍生事故	追尾

表 2 为广深高速公路部分二次事故数据,对于二次事故的认定规则主要根据事故数据在方向、时间、位置、事故属性等方面的具体特征进行确定,研究所需的二次事故(衍生事故)需满足以下条件,即与第一次事故的行车方向相同,事故发生位置相近,时间间隔较短

且事故发生的车道位置不同。

1.2 变道事故分析结果

根据上述数据筛选规则,研究采用 2017—2019 年广深高速公路全线变道事故数据,并对沿线 3 处十车道路段的事故数据进行单独统计分析,具体结果参见表 3。

表 3 2017—2019 年广深高速公路变道事故数据统计

路段	距离/ km	十车道					路段	距离/ km	六车道	
		超车道变 道事故 数/起	变道事故发 生率/[起· (km·年) <sup>-1</sup> ]	主车道变 道事故 数/起	变道事故发 生率/[起· (km·年) <sup>-1</sup> ]	事故数 总计/ 起			变道事 故数/ 起	变道事故发 生率/[起· (km·年) <sup>-1</sup> ]
厚街南—虎门港	3.55	27	2.54	14	1.31	41	其余路段	106.24	603	1.89
太平立交—五点梅	5.05	65	4.29	42	2.77	107				
鹤洲—福永	3.65	10	0.91	8	0.73	18				

如表 3 所示,十车道“变道事故”发生率为 4.52 起/(km·年)。六车道“变道事故”发生率为 1.89 起/(km·年)。影响“变道事故”发生的原因主要包括

车道数、流量、车型比例、线形、交织程度等,为进一步论证“变道事故”发生率与车道数量存在关系,针对十车道“变道事故”进一步分为超车道诱发的“变道事故”

发生率(内侧 1、2 车道)和主车道诱发的“变道事故”发生率(3、4、5 车道)。数据表明:对于十车道路段主车道诱发的“变道事故”发生率为 1.74 起/(km·年),超车道诱发的“变道事故”发生率为 2.78 起/(km·年)。因此宏观上讲,针对十车道路段设置左侧硬路肩为内侧 1、2 车道的轻微事故车辆/故障车辆提供紧急避险空间,可缓解“变道事故”发生率。

### 1.3 不同路段左侧硬路肩设置的必要性

将十车道“变道事故”分析进一步细化,发现十车道路段的微观差异;分别分析厚街南—虎门港、太平立交—五点梅、鹤洲—福永三段。分析结果如下:

厚街南—虎门港因主车道诱发的“变道事故”发生率为 1.31 起/(km·年),因超车道诱发的“变道事故”发生率为 2.54 起/(km·年)。数据相差 1.93 倍,即在该路段设置左侧硬路肩对“变道事故”发生有明显影响。

太平立交—五点梅因主车道诱发的“变道事故”发生率为 2.77 起/(km·年),因超车道诱发的“变道事故”发生率为 4.29 起/(km·年)。数据相差 1.55 倍,即在该路段设置左侧硬路肩对“变道事故”发生有明显影响。

鹤洲—福永因主车道诱发的“变道事故”发生率为 0.73 起/(km·年),因超车道诱发的“变道事故”发生率为 0.91 起/(km·年)。数据相近,且小于六车道“变道事故”率的 1.89 起/(km·年)。因此在该路段设置左侧硬路肩对“变道事故”发生无明显影响。

综上所述,由广深高速公路六车道路段及未设左侧硬路肩的 3 处十车道路段的交通特性及事故特征分析表明:厚街南—虎门港、太平—五点梅 2 处十车道路段的变道事故率明显高于六车道路段,且超车道事故率明显高于主车道事故率,设置左侧硬路肩的必要性较强。而福永—鹤洲路段的变道事故率略低于六车道路段,且该路段超车道事故率与主车道事故率基本相当,因此设置左侧硬路肩对变道事故发生率无明显影响,可不设左侧硬路肩。

## 2 影响因素分析

厚街南—虎门港、太平—五点梅、福永—鹤洲 3 处路段线形特征相似,平均日交通量分别为 16.5、18.5、16.0 万 pcu/d。而超车道诱发的“变道事故”率和主车道诱发的“变道事故”率比例差值较大,考虑实际运营中变道事故与交织程度等影响因素有关,因此该文进

一步从交织程度、货车比例及超车道事故率等方面挖掘事故成因。

### 2.1 交织程度

分析发现 3 处路段超车道诱发的“变道事故”率和主车道诱发的“变道事故”率比例差值较大,分析致因主要是 3 处路段的交织程度  $T_R$  不同引起。

$$T_R = \frac{Q_W}{Q_T} \quad (1)$$

$$T_A = \frac{T_R}{S} \quad (2)$$

式中: $Q_T$  为交织区总流量,即 A 地—C 地、A 地—D 地、B 地—C 地、B 地—D 地 4 个方向的流量和(图 1); $Q_W$  为交织总流量,即 A 地—D 地、B 地—C 地产生的流量和; $T_A$  为平均交织程度; $S$  为交织区长度(km)。

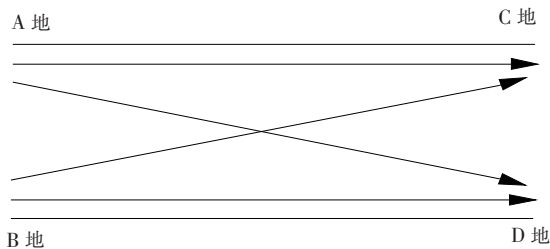


图 1 交织区示意图

经过计算:厚街南—虎门港交织程度为 0.41,平均每公里交织程度为 0.14、太平立交—五点梅交织程度为 0.62,平均每公里交织程度为 0.16、鹤洲—福永交织程度为 0.37,平均每公里交织程度为 0.10,六车道平均交织程度为 0.27,平均每公里交织程度为 0.05。太平立交—五点梅段交织程度高的原因在于北向行驶的车辆在五点梅—太平立交段 3 km 内频繁汇入汇出,交通量大使得交织程度高。

同时,较为特殊的是鹤洲立交(福永—鹤洲方向)存在两个出口,出口 1 与沈海高速公路相接,出口 2 与深岑高速公路相接,该段平均每公里交织程度为两个出口区域的平均值,实际运营中出口 1 区域平均每公里交织程度大于平均值 0.1,约为 0.12。

### 2.2 货车比例

相关研究表明:平均速度、速度标准差、变异系数、车头时距等与交通安全事故有关,而货车比例与平均速度、速度标准差、变异系数相关性显著,其中变异系数是标准差与其平均数的比。变异系数与标准差、方差一样,都是反映数据离散程度的绝对值,离散程度越大,发生事故的概率越高。

自由流状态下,货车自身特点及行驶性能导致高

速行驶的小型车速度减慢,随着高速公路货车比例增加,为保证安全行驶,驾驶员根据道路行车状况减速,整体车辆平均速度降低。速度标准差、速度离散程度与变异系数随着货车比例增加也逐渐增加,即先大幅增加后缓慢增加趋于平衡。

$$R_T = \frac{E_i \times Q_i}{Q} \quad (3)$$

$$V_A = -69.306R_T + 111.43 \quad (4)$$

$$V_S = -99.532R_T^2 + 93.73R_T + 0.867 \quad (5)$$

$$V_C = -1.215R_T^2 + 1.284R_T - 0.0511 \quad (6)$$

$$V_D = 2530.3R_T - 305.6 \quad (7)$$

式中: $R_T$ 为货车比例; $Q_i$ 为货车车型*i*的自然交通量; $E_i$ 为车型*i*的车辆折算系数; $Q$ 为路段交通流的标准当量; $V_A$ 为平均速度; $V_S$ 为速度标准差; $V_C$ 为变异系数; $V_D$ 为速度离散程度。

广深高速公路的现状货车比例:六车道平均货车比例为14.8%,厚街南—虎门港段货车比例为21.8%,太平立交—五点梅段货车比例为18.7%,福永—鹤洲段货车比例为13.6%,厚街南—虎门港、太平—五点梅段的货车比例比福永段分别增加了60.3%和37.5%,变异系数增大,发生事故的概率增大。

### 2.3 超车道事故率

现状超车道事故率 $N_R$ 对修建左侧硬路肩也存在指导作用,修建左侧硬路肩可以提供容错空间,改善视距,保障驾驶舒适性等功能,有助于缓解超车道上因躲避不及造成的追尾和撞击中央护栏等事故。

$$N_R = \frac{N_O}{N} \quad (8)$$

式中: $N$ 为该路段所有事故类型总和; $N_O$ 为发生在超车道的事故总和,其中十车道路段的超车道为内侧1、2车道,六车道路段的超车道为内侧1车道。

经过统计,广深高速公路的现状超车道事故率情况:六车道平均超车道事故比例为40.22%,厚街南—虎门港段平均超车道事故比例为35.94%,太平立交—五点梅段平均超车道事故比例为45.1%,福永—鹤洲段平均超车道事故比例为29.17%。

综上所述,广深高速公路左侧硬路肩设置必要性的差异主要影响因素为各路段的交织程度、货车比例及超车道事故率等,并可通过各路段数据大致确定设

置左侧硬路肩影响因素的具体阈值。

## 3 结语

由于国内已运营的十车道路段较少,因此该文的研究数据十分有限,研究成果的普适性不足。仅以广深高速公路为研究对象,可粗略得到影响多车道高速公路左侧硬路肩设置的因素及其阈值,阈值确定原则为选取六车道路段与福永—鹤洲路段中各因素的较大值,即平均每公里交织程度高于0.12,货车比例大于14.8%和现状超车道事故率大于40%的多车道路段,在条件允许的情况下,建议设置左侧硬路肩。

该文提出的高速公路改扩建左侧硬路肩设置影响因素及其阈值确定的研究思路,可为后续相似研究提供参考。

### 参考文献:

- [1] 周艳丽.高速公路单侧加宽老路车道划分探讨[J].中外公路,2011(2).
- [2] 胡祖敏,鲁海军,武贤慧.互通单车道设置左或右侧硬路肩功用量化分析[J].中外公路,2019(5).
- [3] 曹新玲.高速公路加宽改扩建关键技术研究[D].华南理工大学硕士学位论文,2012.
- [4] 何智勇,李蔚萍,李细伟.8车道以上高速公路左侧硬路肩设置论证[J].公路交通科技(应用技术版),2011(7).
- [5] 汪海涛.浅析多车道高速公路左侧硬路肩的设置[J].北方交通,2013(5).
- [6] 潘兵宏,周智涛,曾志刚.高速公路港湾式停车带布置形式及设计参数研究[J].中外公路,2013(6).
- [7] 邢小亮,崔降龙,李臻,等.高速公路右侧硬路肩宽度对驾驶行为协调性影响研究[J].交通信息与安全,2016(6).
- [8] 钟连德,侯德藻,武珂曼.高速公路左侧路肩设置必要性研究[J].公路,2011(2).
- [9] 蔡磊.关于左侧硬路肩在改扩建项目中的一点看法[J].中国水运(下半月),2014(3).
- [10] 陈金川,刘小明,任福田,等.道路交织区运行分析研究进展[J].公路交通科技,2000(1).
- [11] 张诗雯,彭一川,陆键,等.自由流条件下高速公路货车比例对交通安全的影响[J].武汉理工大学学报,2017(12).
- [12] 邓亚娟,柯四平,胡绍荣.基于安全与效率的八车道高速公路车辆运行规则研究[J].公路,2017(10).