

# 高速公路超限检测及劝返车道设置技术研究

王军平, 吕纪云, 陈昶

(中交第二公路勘察设计研究院有限公司, 湖北 武汉 430056)

**摘要:** 鉴于公路路线规范关于超限检测站设置条件及劝返车道布设指标规定得过于笼统, 该文基于超限运输现状与车辆运行需求, 研究了不停车计重收费系统(EWTC)及其相应的车道宽度与称重区长度。通过车辆换道模型研究, 提出了不同情形下车辆换道的安全转弯半径, 并提出了EWTC系统称重区的宽度渐变指标建议值。在上述研究的基础上, 通过分析超载车辆的驶离选择, 提出了劝返车道的不同设置方式及其相应的优缺点和适用范围。

**关键词:** 超限检测; EWTC; 换道模型; 劝返车道

伴随着高速公路的建设步伐加快, 货运产业迎来了蓬勃发展, 货车保有量日趋增长, 2017年中国民用载货汽车保有量达到了2 338.85万辆, 公路营运载货汽车达到了1 368.62万辆, 相应的高速公路上超限超载问题愈发严重。如何应对超限运输给道路带来的危害已是一个显著问题, 国家虽然出台了一定的超限管理办法, 但JTGD20-2006《公路路线设计规范》中关于超限检测站的设置条件以及车辆驶离高速公路的劝返车道设置标准仍未有详细规定, 有必要对超限检测站及劝返车道设置技术进行研究, 从而完善和细化道路设计规范。

## 1 超限检测站设置研究

目前中国对于货车的计重主要依赖于“静止”称重, 货车以较低速度通过称重台, 满足规定的驶入高速公路, 不满足规定的进行相应处理。由于检测系统布设在收费广场渐变部分, 称重技术相对滞后, 在一定程度上制约了高速公路的通行能力。所以, 为避免类似于“京藏高速大堵车”之类的事件继续发生, 对于不停车计重收费系统(EWTC)的研究尤为迫切。EWTC结合了电子不停车收费系统(ETC)和动态称重系统(WIM)二者的功能, 收费与称重同时进行, 将有效保障道路的通行效率。

### 1.1 EWTC车道宽度

《高速公路收费站及收费广场设计规范》中关于ETC的车道宽度的规定是3.5 m, 这能否满足大货车

的需求是值得商榷的。根据“波良可夫”模型, 车道横向安全距离采用式(1)计算:

$$\begin{cases} W=W_1+2W_2 \\ W_2=0.4+0.02V^{3/4} \end{cases} \quad (1)$$

式中:  $W$  为车道宽度(m);  $W_1$  为车辆宽度(m);  $W_2$  为车辆所需安全间距(m);  $V$  为设计速度(km/h)。

通常收费广场限速为20 km/h, 可得出车辆所需安全间距为0.6 m。大型货车的车宽取2.5 m, 进而得到车辆所需的最小宽度为3.7 m。考虑到车辆在称重台与周边结构物的安全距离并避免司机快速通过时心理上产生影响, EWTC宽度取4 m。

### 1.2 称重区长度

称重区长度由3部分组成: 车辆长度、设备布设长度和设备响应距离, 如式(2)所示:

$$L_{\text{称重区}}=L_1+L_2+L_3 \quad (2)$$

式中:  $L_{\text{称重区}}$  为称重区长度(m);  $L_1$  为车辆长度(m);  $L_2$  为设备布设长度(m);  $L_3$  为设备响应距离(m)。

现阶段中国最长的拖挂车长度为24 m,  $L_1$ 取24 m; 设备布设长度  $L_2$  为2.04 m; 称重区设备的响应时间为0.5 s,  $L_3$ 取2.78 m, 进而得出称重区长度为28.82 m, 取整为30 m。在车辆进入称重区前后, 通信天线的距离各为10 m。当车辆完全驶出称重区后, 司机调整车速的反应距离采用信息量处理模型计算, 计算结果为17.6 m, 取为20 m。所以整个称重区的布设如图1所示。

当收费广场直线段长度不足以满足称重区设置条件时, 可利用收费广场渐变段布设, 如图2所示。

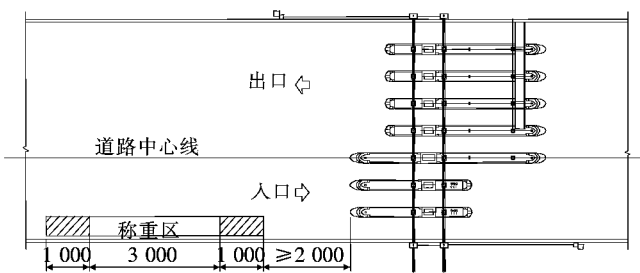


图 1 称重区布置示意图 1(单位:cm)

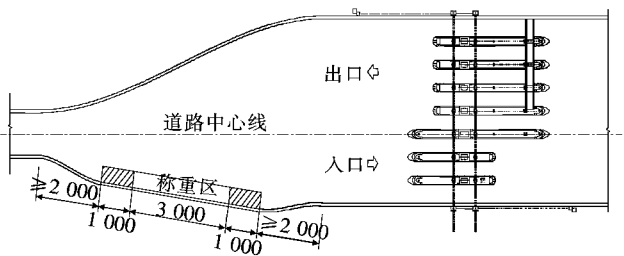


图 2 称重区布置示意图 2(单位:cm)

## 2 称重区宽度渐变指标研究

### 2.1 车辆换道模型研究

如图 2 所示,当车辆驶入称重区时,存在换道行为。现阶段,国内外对于车辆的换道行为与运行轨迹研究已取得了一定成果。根据车辆换道做 S 形行驶的特点,可简化为缓和曲线与圆曲线两种换道模型。在低速行驶中驾驶员习惯于快速转动方向盘进行换道,车辆行驶轨迹曲率是突变的,可简化为两段反向圆曲线。从直观性与计算简便性来看,低速行驶时推荐圆曲线作为车辆换道模型,车辆运行轨迹如图 3 所示。圆曲线换道模型的基本条件为:① 换道中临界点附近方向盘瞬时性转动;② 换道过程中车辆运行速度基本不变;③ 图中凸形曲线由两段反向圆曲线组成,其半径以安全转弯半径来控制。

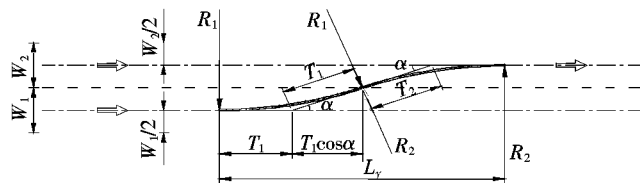


图 3 圆曲线换道模型轨迹图

如图 3 所示,当前车道宽度为  $W_1$ ,目标变换车道宽度为  $W_2$ ,圆曲线半径分别为  $R_1$ 、 $R_2$ 。根据图 3 所示换道轨迹,曲线各几何元素计算如下列各式所示:

圆心角:  $\alpha_1 = \arccos[(R_1 - W_1/2)/R_1]$  (3)

切线长度:  $T_1 = R_1 \cdot \tan(\alpha_1/2)$  (4)

同理计算出切线长度  $T_2$ 。得到车辆的横向移动宽度和纵向前进距离分别为:

$$\begin{cases} L_x = (W_1 + W_2)/2 \\ L_y = (T_1 + T_2) \cdot (1 + \cos\alpha) \end{cases}$$
 (5)

式中:  $\alpha = \alpha_1 = \alpha_2$ 。

### 2.2 车辆换道安全转弯半径

根据车辆行驶的受力平衡方程可得:

$$R = \frac{v^2}{127(\mu \pm i_h)}$$
 (6)

式中:  $R$  为圆曲线半径(m);  $v$  为行驶速度(km/h);  $\mu$  为横向力系数;  $i_h$  为超高值。

利用式(6)计算车辆换道安全转弯半径的前提是确定不同设计速度下的最大横向力系数与  $i_h$  (收费广场直线路段为路拱横坡)。当横向力系数  $\mu = 0.15$  时,车辆燃料消耗为 120%,轮胎磨耗为 390%,转弯时已感到有曲线存在,但尚属于平稳。从驾驶的安全性与舒适性来考虑,计算转弯半径时  $\mu$  不宜大于 0.15。结合车辆不发生横向滑移的要求与研究成果,最大横向力系数的取值如表 1 所示。

表 1 最大横向力系数取值

| 设计速度/(km · h <sup>-1</sup> ) | 最大横向力系数 |
|------------------------------|---------|
| 20,30,40,60                  | 0.15    |
| 80                           | 0.13    |
| 100                          | 0.12    |
| 120                          | 0.10    |

根据表 1 中的横向力系数取值,可得出不同设计速度与横坡下车辆安全换道的最小半径,如表 2 所示。由于车辆在收费广场速度普遍较低,故仅计算低速情况下车辆的安全转弯半径。

表 2 安全转弯半径值

| 设计速度/(km · h <sup>-1</sup> ) | 不同超高值(%)时的安全转弯半径/m |     |
|------------------------------|--------------------|-----|
|                              | 1.5                | 2.0 |
| 20                           | 24                 | 25  |
| 30                           | 53                 | 55  |
| 40                           | 94                 | 97  |

### 2.3 称重区宽度渐变指标值

车辆换道横向移动宽度与纵向移动距离的比值即是行车道宽度渐变率。如式(7)所示:

$$K = L_x/L_y$$
 (7)

式中: $L_x$ 为横向移动宽度(m); $L_y$ 为纵向移动距离(m)。

结合 ETWC 车道宽度与车辆安全转弯半径,可以确定车辆换道的横向移动宽度与纵向移动距离,进而得出不同设计速度与路拱横坡下的车道宽度渐变率,计算结果如表 3 所示。

表 3 换道模型车道宽度渐变率

| 设计速度/<br>( $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ ) | 不同路拱横坡(%)时车道宽度渐变率 |          |
|--|-------------------|----------|
|  | 1.5               | 2.0      |
| 20   | 1/4.887           | 1/4.984  |
| 30   | 1/7.416           | 1/7.560  |
| 40   | 1/9.927           | 1/10.118 |

根据表 3 可发现:① 路拱横坡不变,设计速度越高,所需的渐变率越小;② 设计速度不变、路拱横坡越大,所需的渐变率越小,但路拱横坡对渐变率的影响相对较小。当车道宽度发生变化时,称重区宽度渐变指标取值可参照表 3,其推荐值如表 4 所示。

表 4 称重区宽度渐变指标值推荐值

| 设计速度/<br>( $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ ) | 不同路拱横坡(%)时称重区宽度渐变率 |      |
|--|--------------------|------|
|  | 1.5                | 2.0  |
| 20   | 1/5                | 1/5  |
| 30   | 1/8                | 1/8  |
| 40   | 1/10               | 1/11 |

### 3 劝返车道设置研究

经过称重区后,超载车辆存在两种选择:① 卸载部分货物,继续驶入高速公路;② 拒绝卸载货物,利用劝返车道返回。当车辆选择返回时,就需要设置劝返车道以方便车辆驶离。通常,劝返车道有两种布设方式:① 车辆离开称重区后,从收费广场右侧调头,驶离高速公路;② 当受地形条件限制时,利用收费广场开口引导车辆驶离。

#### 3.1 利用劝返车道调头

对于地形条件较好,征地不受限制的地区,劝返车道可布设在称重区与收费站入口之间。车辆经过劝返车道驶离,进入地方路,如图 4 所示。在 G1816 乌海至玛沁国家高速公路景泰至中川机场段施工图设计中,拟建的喜泉互通便采用了图 4 的布设方式。该方案的优点在于实现了劝返车辆与正常行驶车辆的完全分离,避免了交织,可以有效地保障行车安全。同时,

该方案可以有效弥补执法人员不足的缺失,节约一定的人力成本。当收费站距离地方路较远时可采用图 5 中的布设方式。在平凉至绵阳国家高速公路(G8513)平凉(华亭)至天水段施工图设计中拟建的安伏互通与中滩互通便采取了图 5 所示方式。对于收费广场与劝返车道之间的征地可用作卸货区征地与执法人员的住房用地。

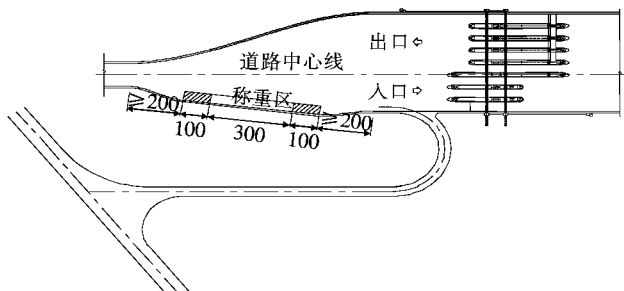


图 4 劝返车道布置示意图(方案 1)(单位:m)

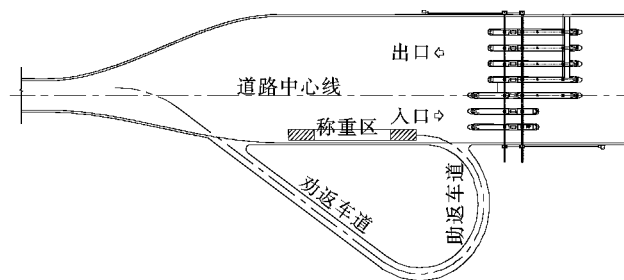


图 5 劝返车道布置示意图(方案 2)(单位:m)

对于劝返车道的转弯半径,最小值可采用表 2 的计算结果,有条件的情况下可适当加大圆曲线半径以保证车辆平稳驶出。结合收费广场的速度限制与上述计算结果,建议劝返车道半径最小采用 25 m。

#### 3.2 利用收费广场调头

当收费广场周边地形条件受限或征地困难时,劝返车辆可利用收费广场掉头。车辆从收费广场中穿过,与正常行驶车辆存在交织,所以该处是事故发生的一个隐患点。若劝返车道采用此方案,则需要通过执法人员的引导以及相应标志、标线的设置才可以充分保证行车安全。

该方案的优点在于节约占地,避免专门设置一条劝返车道,可减少部分开支。缺点在于存在冲突点,货车转弯时会影响到正常行驶车辆,会引起堵塞或交通事故。所以,在实际应用时,尽量避免此种布设方案。

### 4 结论

(1) 结合超限运输的现状,提出了不停车计重收

# 绿色公路建设理念在长益高速公路扩容工程中的应用

王武生

(广东省交通规划设计研究院股份有限公司, 广东 广州 510507)

**摘要:**依据交通运输部《关于实施绿色公路建设的指导意见》提出的绿色公路建设的“五大任务”和“五个专项行动”,对长益高速公路扩容工程施工图设计成果文件再次进行了专项审查修编。该文详细介绍了该项目在“统筹资源利用,实现集约节约”、“加强生态保护,注重自然和谐”、“着眼周期成本、建养并重”及“‘零弃方、少借方’专项行动”等方面的特色设计、创新设计,可为其他公路设计项目提供借鉴参考。

**关键词:**绿色公路;长益高速公路扩容;施工图设计

## 1 项目背景

### 1.1 时代背景

2015年10月,十八届五中全会强调,实现“十三五”时期发展目标,破解发展难题,厚植发展优势,必须牢固树立并切实贯彻“创新、协调、绿色、开放、共享”的发展理念。这是关系中国发展全局的一场深刻变革。

为贯彻执行绿色发展理念,2016年7月20日,交通运输部印发了《关于实施绿色公路建设的指导意见》(以下简称“指导意见”),明确了绿色公路的发展思路和建设目标,提出了“五大建设任务”,决定开展“五个

专项行动”,推动公路建设发展转型升级。该指导意见必将是“十三五”及今后较长一段时期内中国公路建设的纲领性文件,对于全面推动公路规划、勘察、设计、建设、运营等全过程向绿色公路转型升级具有十分重要的引领意义。

### 1.2 项目背景

G5513长沙至益阳段高速公路扩容工程(以下简称“该项目”),为分流长益高速公路及G319车流而新辟的另一快捷、通畅的交通要道。项目路线起于长沙绕城高速西北段,途径长沙望城区、宁乡市、益阳赫山区,过泉交河镇后于笔架山乡布置互通预留平江至益阳高速公路(以下简称“平益高速”)接口及该项目西延

费系统(EWTC)建设的必要性,并通过分析“波良可夫”模型与货车称重需求,确定了EWTC车道宽度与称重区长度。

(2)基于车辆换道行驶轨迹特征,提出了圆曲线换道模型,进而确定了车辆换道的安全转弯半径,从而明确了称重区宽度渐变指标取值。

(3)通过分析超载车辆的驶离选择,提出了劝返车道的不同设置方式及其相应的工程实例。同时,明确了不同布设方式的优缺点和适用范围,以期工程提供参考。

## 参考文献:

[1] JTG D20—2006 公路路线设计规范[S].

- [2] 王磊,尹燕,周伟,等.重载高速公路智能化不停车计重收费系统研究[J].公路,2017(3).
- [3] 唐国才.高速公路客货分线关键技术研究[D].长安大学硕士学位论文,2015.
- [4] 王磊,周伟,董敏毅,等.高速公路EWTC系统场站布设方案研究[J].公路交通科技,2016(9).
- [5] 董爱强.隧道与互通式立交净距及安全保障措施研究[D].长安大学硕士学位论文,2015.
- [6] 金珊珊.公路横断面宽度过渡段技术指标研究[D].长安大学硕士学位论文,2013.
- [7] 杨少伟.道路勘测设计[M].3版.北京:人民交通出版社,2004.
- [8] 孙家凤,徐建伟.公路横向力系数研究[C].中国公路学会道路工程分会,2004年道路工程学术交流会论文集,2004.

收稿日期:2018-11-27(修改稿)

作者简介:王武生,男,硕士,高级工程师.E-mail:wangws2005@163.com