

平原区普通公路改扩建项目平曲线指标取值研究

周忻, 孙钊, 王萌

(湖北省交通规划设计院股份有限公司, 湖北 武汉 430051)

摘要: 公路设计中平曲线指标的选用影响道路运行舒适性和安全性, 平原区普通公路改扩建项目新建段与扩建段相接处交通事故频发。针对这一问题, 文中通过计算相邻运行速度协调性指标, 提出新老路段相接处平曲线过渡半径取值方法, 并应用加权平均值法对取值进行验证。结果显示, 过渡半径的合理取值可有效解决新老路相接处因指标取值不均衡引起的交通事故问题。

关键词: 公路; 改扩建; 平曲线; 指标取值; 运行速度; 平原区

中图分类号: U412.3

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2020)02-0062-04

老路改扩建中相关工程技术问题日益突出。目前, 针对新老路衔接处路基、路面的研究已较成熟, 而对新老路衔接处线形指标取值的研究较少。在平原区普通公路改扩建中, 新建段平曲线指标取值普遍较高, 而老路扩建路段平曲线指标相对较低, 路线指标不均衡导致实际运行速度不协调, 产生交通隐患。针对这一问题, 该文通过计算运行速度协调性指标, 探讨平原区平曲线半径整体指标的选用及新建段与老路扩建段衔接处的过渡半径取值方法, 为类似工程提供借鉴。

1 平原区普通公路改扩建的平面布线特点及原则

1.1 平面布线特点

相比于常规选线, 平原区公路改扩建选线主要具有以下特点:

(1) 所处地区为平原区, 地面高差往往不是影响平面布线的主要因素, 路线平纵线形几何要素较易达到较高指标值。

(2) 沿老路改扩建, 本着充分利用老路的原则, 在通道选择中老路通道一般作为重点研究对象, 由于老路在改扩建前一般为等级较低的道路, 其平面几何要素普遍偏低。

1.2 选线原则

在平原区布线应遵循以下原则:

(1) 路线方案的选择服从国家、省、市等各级交通规划。

(2) 平原区存在软土、膨胀土等特殊岩土, 选线应结合沿线地质情况, 尽可能避开不良地质地段; 同时处理好与河流、铁路、管道等相关工程的交叉关

系, 合理布设交叉位置和交叉角度。另外, 路线方案应与城镇规划、工业园区规划相契合, 以带动地方经济发展。

(3) 平原区改扩建项目布线时需充分利用老路资源, 对于局部平曲线不满足要求的路段裁弯取直, 布设过程中结合老路两侧地形地物考虑拼宽方案。新建路段与扩建路段衔接处应保证平纵线形及横断面布置的合理过渡。

2 215 省道仙桃段改建工程平面指标的选用

2.1 工程概况

湖北省 215 省道仙桃段改建工程位于仙桃市南部, 区域内地势平坦, 起伏较小, 为河湖冲洪积平原区地貌单元。老路为设计速度 60 km/h、路基宽 12 m 的二级公路, 拟将其升级为设计速度 80 km/h、路基宽 25.5 m 的一级公路(见表 1)。

表 1 改建后公路的主要技术指标

项目	技术指标
公路等级	一级公路
设计速度/(km·h ⁻¹)	80
路基宽度/m	25.5
行车道宽度/m	2×7.5
汽车荷载等级	公路—Ⅰ级
设计洪水频率/(次·年 ⁻¹)	1/100
圆曲线一般最小半径/m	400
缓和曲线最小长度/m	70
路面等级	高级
停车视距/m	110

通过方案比选论证,确定以下方案:首尾两端(K0—K1+600、K18+490—K30+612)沿老路扩建;中间路段(K1+600—K18+490)由于老路穿越城镇,通过新建绕避城镇,沿城镇规划边缘布线。

2.2 平面几何要素指标的选用

该项目平曲线几何指标的选用分为两种:一种是沿老路扩建路段,选用平曲线指标时拟合老路线形,尽可能利用老路资源,指标取值基本较固定;另一种是新建路段,由于地形条件较好,在满足规范要求的前提下,平面布线指标有一定选择空间。

该项目在新建路段共设置11个交点。通过设置不同平曲线半径预测路段的运行速度,观察运行速度与设计速度的协调性、相邻运行速度协调性的变化,分析不同平曲线半径对道路安全的影响。

3 基于运行速度协调性的平面指标选用评价

3.1 运行速度计算模型

运行速度通常指某断面测定的第85百分位行驶速度,它是中等技术水平的驾驶人员在较理想条件下所能保持的安全速度。考虑到该项目目前处于方案研究阶段,采用预测运行速度进行评价。根据《公路项目安全性评价规范》,考虑到项目为平原区普通公路,不存在隧道路段、互通式立体交叉路段,将路线按预测运行速度划分为平直路段、平曲线段、纵坡路段、弯坡组合段4种线元形式,分别对应不同计算模型。

(1) 平直路段一般指半径大于1000 m、纵坡小于3%的路段。在平直路段给定一个初始速度,通过加速行驶,直至达到驾驶人员的期望速度。运行速度计算模型如下:

$$v_s = \sqrt{v_0 + 2a_0 S} \quad (1)$$

式中: v_s 为期望运行速度(m/s); v_0 为初始运行速度(m/s); a_0 为车辆加速度(m/s²); S 为平直路段长度(m)。

(2) 平曲线段一般指半径小于1000 m、纵坡小于3%的路段。该线元单位在曲线入口减速,至曲线中部一般达到速度最小值,驶出曲线时加速。根据交通量预测,该项目运营中主要车型为小型车,其运行速度计算公式见表2。

(3) 纵坡路段及弯坡组合段纵坡均 $\geq 3\%$ 。该项目处于平原区,路段纵坡均在3%以下,故对弯坡路段不予考虑,后续将结合所列计算模型改变平曲线半径取值来计算运行速度。

表2 平曲线段运行速度计算模型

曲线连接形式	运行速度计算模型
入口直线—曲线	$v_{\text{middle}} = -24.212 + 0.834v_{\text{in}} + 5.729\ln R_{\text{now}}$
入口曲线—曲线	$v_{\text{middle}} = 1.277 + 0.924v_{\text{in}} + 6.19\ln R_{\text{now}} - 5.959\ln R_{\text{back}}$
出口曲线—直线	$v_{\text{out}} = 11.946 + 0.908v_{\text{middle}}$
出口曲线—曲线	$v_{\text{out}} = -11.299 + 0.936v_{\text{middle}} - 2.060\ln R_{\text{now}} + 5.203\ln R_{\text{front}}$

注: v_{middle} 为曲线中点运行速度; v_{in} 为曲线入口运行速度; v_{out} 为曲线出口运行速度; R_{now} 为当前路段曲线半径; R_{back} 为驶入前所接的曲线半径; R_{front} 为即将驶入的曲线半径。

3.2 运行速度与设计速度协调性评价

公路路线设计中一般采用设计速度,而安全性评价中采用运行速度。设计速度规定了路线平纵指标的最低取值,而运行速度可评价公路线形的连续性、均衡性。该项目位于平原区,新建路段平纵指标受地形影响较小,因而其运行速度一般较高,运行速度与设计速度的差值较大。根据规范,同一路段设计速度与运行速度之差宜小于20 km/h。取不同半径 R 计算运行速度,观察理论运行速度 v_{85} 与设计速度 v_d 的协调性,结果见表3。

表3 不同平曲线半径运行速度与设计速度的差值

R/m	$v_{85} - v_d / (\text{km} \cdot \text{h}^{-1})$	$v_{85T} - v_{85} / (\text{km} \cdot \text{h}^{-1})$	R/m	$v_{85} - v_d / (\text{km} \cdot \text{h}^{-1})$	$v_{85T} - v_{85} / (\text{km} \cdot \text{h}^{-1})$
600	24.18	5.82	800	25.82	4.18
650	24.63	5.37	850	26.17	3.83
700	25.06	4.94	900	26.50	3.50
750	25.45	4.55	950	26.81	3.19

注: v_{85T} 为相邻直线段运行速度。

计算中入口速度取110 km/h,考虑到运行速度不均衡性主要产生于直线与曲线间, v_{85} 采用表2中入口直线—曲线连接方式的曲线中点运行速度, v_{85T} 视为已达期望速度最大值。由表3可知:1) 随着半径增大,运行速度与设计速度的差值增大,且差值普遍大于20 km/h。而对于平原区新建路段,设计中一般会选择较高的值,这样车辆的运行速度很容易超过设计速度。2) 与该曲线段相邻直线段的运行速度之差随着半径的增大而减小,说明随着半径增大,相邻路段运行速度更均匀。在平原区新建路段通过减小平曲线半径虽然可使运行速度

与设计速度差值变小,但会产生与相邻直线段运行速度不均衡的问题。因此,在平原区新建路段应让线形顺直、舒展,不宜通过减小半径取值的方法来限制运行速度,而应从交通管制等行政手段来控制运行速度。新建路段平曲线半径取值一般较大,对于新老衔接部分,通常为较高的指标与较低指标相接,若衔接不好,可能导致交通事故。

3.3 相邻运行速度协调性评价

当前新建路段平面指标高,而老路普遍存在平曲线半径过小的问题,二者衔接处一般运行速度差值较大,汽车行驶连续性难以保证。老路受路侧控制因素限制,调整余地不大,只能通过调整新老路衔接处的平曲线半径来降低相邻路段运行速度差值。可通过考虑过渡曲线前后段相邻运行速度差值得最均匀变化值,选取最合理的过渡段平曲线半径。

3.3.1 基于相邻运行速度协调性的过渡半径取值

该项目 K18+490 之后为老路改扩建段,第一交点处半径较小,为 600 m,而 K18+490 之前为一

长直线,属于平直路段,两者运行速度相差较大,需在衔接处再设置一段平曲线进行过渡。根据规范,半径大于 1 000 m 以上的平曲线等同于直线,路段末端运行速度等同于全直线路段,该过渡段平曲线半径应为 600~1 000 m。结合实际设计经验,半径设计取值一般以整数为宜,过渡段半径按 50 m 间隔取值,取值区间为 600~950 m。

根据规范,设计速度 80 km/h 的路段的期望速度为 110 km/h,经过直线路段的加速,小客车已达到期望速度,取过渡段入口运行速度 $v_{in1} = 110$ km/h,过渡段出口运行速度为 v_{out1} 。老路改扩建衔接段入口运行速度 $v_{in2} = v_{out1}$,出口运行速度为 v_{out2} 。过渡段与新建路段平直段运行速度差值 $\Delta_1 v_{85} = v_{out1} - v_{in1}$,老路利用段与过渡段运行速度差 $\Delta_2 v_{85} = v_{out2} - v_{out1}$ 。当 $\Delta_1 v_{85}$ 等于 $\Delta_2 v_{85}$ 时,运行速度下降最均匀,汽车行驶连续性最好。表 4 为 8 组过渡段半径 $R_{过渡}$ 下运行速度差值计算结果,图 1 为不同过渡段半径与 $\Delta_1 v_{85} - \Delta_2 v_{85}$ 的关系。

表 4 不同过渡段半径下相邻路段运行速度差值

$R_{过渡}/m$	$v_{out1}/(km \cdot h^{-1})$	$v_{out2}/(km \cdot h^{-1})$	$\Delta_1 v_{85}/(km \cdot h^{-1})$	$\Delta_2 v_{85}/(km \cdot h^{-1})$	$\Delta_1 v_{85} - \Delta_2 v_{85}/(km \cdot h^{-1})$
600	106.538	105.573	-3.462	-0.965	2.497
650	106.954	105.496	-3.046	-1.458	1.588
700	107.340	105.425	-2.660	-1.915	0.745
750	107.699	105.358	-2.301	-2.340	-0.039
800	108.034	105.296	-1.966	-2.738	-0.772
850	108.350	105.238	-1.650	-3.112	-1.461
900	108.647	105.183	-1.353	-3.464	-2.111
950	108.928	105.131	-1.072	-3.797	-2.725

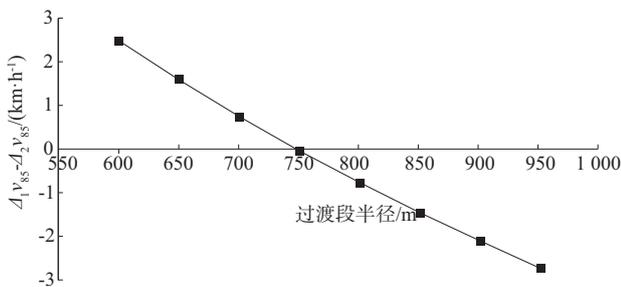


图 1 不同过渡段半径与 $\Delta_1 v_{85} - \Delta_2 v_{85}$ 的变化关系

由图 1 可知:随着过渡段半径的增大,两相邻路段的运行速度差值先减小后增大,呈下凹形曲线变化。过渡段半径为 750 m 时, $\Delta_1 v_{85}$ 与 $\Delta_2 v_{85}$ 的差值最小,接近于零。规范中将半径 1 000 m 作为小半径平曲线段与平直路段的分界,设 $R_{临界} = 1 000$ m, $R_{过渡}$ 略小于 $(R_{临界} + R_{老路})/2 = 800$ m。当过渡段入

口运行速度 $v_{in1} = 120$ km/h 时,用以上方法计算,过渡段半径为 850 m 时变化最均匀, $R_{过渡}$ 略大于 $(R_{临界} + R_{老路})/2 = 800$ m。

在实际项目中进行新老路衔接处设计时,过渡段半径取值与初始入口运行速度有关,取值应在临界半径与老路半径的平均值附近或略大于平均值,此时相邻运行速度变化最均匀,车辆行驶连续性最好,安全性高。

3.3.2 基于加权平均值法对过渡半径取值的验证

采用加权平均值法建立的评价指标 K_R 验证过渡段半径取值的合理性。 K_R 不仅考虑了圆曲线半径大小的取值,也考虑了曲线长度对运行速度的影响,较为合理。先求得局部路段平曲线半径的加权平均值[所有平曲线半径和曲线长度之积与所有平曲线长度的比值,见式(2)], K_R 为前圆曲线半径减

去加权平均值除以加权平均值[见式(3)]。

$$R_{\text{加权平均值}} = \frac{\sum R_i L_i}{\sum L_i} \quad (2)$$

$$K_R = \frac{R_{\text{设计值}} - R_{\text{加权平均值}}}{R_{\text{加权平均值}}} \quad (3)$$

$K_R > 0$ 时,表明当前圆曲线半径相对于该路段其他交点半径取值偏大;若 K_R 值过大,表示该取值远大于局部路段平均值,即转弯路段过长,行车舒适性较差,且线形不经济。 $K_R < 0$ 时,说明当前圆曲线半径相对于该路段其他交点半径取值偏小,该处线形不连续,会对行车连续性造成影响。 K_R 绝对值越大,突变越大,线形连续性越差; K_R 绝对值较大且为负值时,最为不利,会形成交通事故多发点。 K_R 与线形连续性的关系见表 5。

表 5 K_R 与线形连续性的关系

K_R 值	线形连续性
$0 > K_R > -0.2$ 或 $0 < K_R < 0.4$	好
$-0.2 > K_R > -0.4$ 或 $K_R > 0.4$	中
$K_R < -0.4$	差

将该项目过渡段半径不同取值带入式(2)、式(3)中,取当前圆曲线前后各三处圆曲线半径求得加权平均值,计算所得 K_R 值见表 6。

表 6 不同过渡段半径下评价指标值

过渡半径 $R_{\text{过渡}} / \text{m}$	K_R	线形连续性
450	-0.455 0	差
500	-0.394 0	中
550	-0.334 0	中
600	-0.273 0	中
650	-0.213 0	中
700	-0.152 0	好
750	-0.091 8	好
800	-0.031 3	好
850	0.029 2	好
900	0.089 8	好
950	0.150 0	好

由表 6 可知: $R_{\text{过渡}} \leq 450 \text{ m}$ 时线形的连续性差, $R_{\text{过渡}}$ 为 $500 \sim 650 \text{ m}$ 时线形的连续性中等, $R_{\text{过渡}}$ 为 $700 \sim 950 \text{ m}$ 时线形的连续性好。过渡段半径取值

在平均值附近或略大于平均值时,线形的连续性最好,与基于运行速度协调指标的评价结果一致。

4 结论

(1) 平原区新建段的计算理论运行速度一般远大于设计速度,通过减小平曲线半径达到运行速度与设计速度协调的方法不可取,应从交通管制来平衡两者的不协调。

(2) 为保证新老路段运行速度协调性,在新老路段衔接处设置平曲线过渡段,过渡段平曲线半径应在老路段相邻半径和新建段临界半径的平均值附近取值或略大于该平均值。

参考文献:

- [1] 李昆冈.基于运行速度的双车道公路线形和安全性评价方法研究[D].西安:长安大学,2017.
- [2] 祝站东,吕英志,傅成红.双车道公路路线安全性评价指标研究[J].公路,2013(9).
- [3] 李世伟,廖朝华,刘利民.高速公路改扩建工程路线设计探讨[J].中外公路,2010,30(3).
- [4] 湖北省交通规划设计院股份有限公司.215省道仙桃市张沟至北口大桥段改扩建工程可行性研究报告[R].武汉:湖北省交通规划设计院股份有限公司,2017.
- [5] JTG/T B05-2015,公路项目安全性评价规范[S].
- [6] 符铎砂.理论运行速度与公路线形设计及评价方法研究[D].西安:长安大学,2008.
- [7] 郭也平.浏醴高速公路路线设计安全性评价研究[J].公路,2012(11).
- [8] 卓祖城,程昊,李勃.采用运行速度检验公路线形设计的应用研究[J].公路交通科技:应用技术版,2012(9).
- [9] 郭腾峰,刘建蓓,汪双杰.基于运行速度特征的公路平曲线设计半径推荐取值研究[J].中国公路学报,2010,23(增刊1).
- [10] 罗京,张冬冬,郭腾峰.大型车辆横向稳定性对公路设计极限平曲线半径取值的影响分析[J].中国公路学报,2010,23(增刊2).
- [11] 钟小明,元海英,荣建,等.用于路线设计的小客车速度模型研究[J].北京工业大学学报,2005,31(2).
- [12] 吴志欢,陈飞.风景区道路极限平曲线最小半径取值探讨[J].交通标准化,2007(12).
- [13] 张军.干线公路设计平曲线参数选取[J].交通标准化,2007(5).
- [14] 罗满良,方靖,霍明.公路几何线形特征点对运行速度的影响研究[J].公路交通科技:应用技术版,2008(7).