

DOI:10.11918/202307029

基于线形组合的高等级公路植物防眩设置模型

孙祥龙¹, 赵 琥², 冯树民³, 李振宁⁴

(1. 东北林业大学 土木工程学院, 哈尔滨 150040; 2. 哈尔滨工业大学 土木工程学院, 哈尔滨 150090;
3. 广州大学 土木工程学院, 广州 510006; 4. 澳门大学 珠海澳大科技研究院, 广东 珠海 519180)

摘要: 为保证植物防眩效果及避免形成“墙壁效应”, 从道路线形组合的角度出发, 考虑车道数、车辆类型、驾驶员视觉等因素, 首先, 构建了直线段和曲线段植物设置间距模型、设或不设超高的平曲线、凹形和凸形竖曲线的植物防眩高度模型以及植物防眩高度极限模型。其次, 结合规范和实际施工过程中常用参数对模型进行了标定, 得到了不同速度下植物防眩设置间距和高度的理论值, 并考虑植株成本和施工养护便利性, 确定了推荐值。最后, 以黑大公路为例, 对植物防眩设置间距和高度模型进行了验证, 结果表明: 设计速度 100 km/h 时, 直线坡、直线-凹形竖曲线路段的设置间距为 9 m, 高度为 1.90 m; 超高平曲线路段的设置间距为 3 m, 高度为 1.95 m; 凸形竖曲线路段的设置间距为 3 m, 高度为 1.90 m; 推荐值满足了不同线形组合下差异化与精确化的设计要求, 同时也能方便施工养护, 降低成本。

关键词: 交通安全设施; 植物防眩; 线形组合; 设置间距; 设置高度

中图分类号: U491.5

文献标志码: A

文章编号: 0367-6234(2024)03-0136-07

Models of plant antiglare setting for high-grade highway based on road alignment combination

SUN Xianglong¹, ZHAO Hu², FENG Shumin³, LI Zhenning⁴

(1. School of Civil Engineering, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China; 2. School of Civil Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China; 3. School of Civil Engineering, Guangzhou University, Guangzhou 510006, China; 4. Zhuhai Macau University Institute of Science and Technology, University of Macau, Zhuhai 519180, Guangdong, China)

Abstract: In order to ensure the anti-glare effect of plants and avoid the formation of “wall effect”, from the perspective of road alignment combination, considering factors such as the number of lanes, vehicle type, and driver's vision, firstly, spacing models for plants on straight and curved sections, height models for superelevation or not superelevation horizontal curve, height models for concave and convex vertical curves, and a plant height limit model were constructed. Secondly, the models were calibrated based on the specifications and commonly used parameters in actual construction, and the theoretical values of the spacing and height at different speeds were obtained. Considering the cost of plants and the convenience of construction and maintenance, the recommended values were determined. Finally, taking Heida Highway as an example, the spacing and height models of plant anti-glare were validated, and the results showed that at a speed of 100 km/h, the spacing is 9 m and the height is 1.90 m in straight slope and straight concave vertical curve sections; The spacing and height of the superelevation horizontal curve section are 3 m and 1.95 m respectively; The spacing in convex vertical curve sections is 3 m, and the height is 1.90 m. The recommended values meet the design requirements for differentiation and precision under different alignment combination, while also facilitate construction and maintenance, and reduce costs.

Keywords: traffic safety facilities; plant anti-glare; road alignment combination; plant spacing; plant height

对于双向行驶的公路, 对向来车灯光照入本向车辆的驾驶员眼中, 造成驾驶员的视觉功能下降或短暂失明称为眩光。根据 CIE/SO 标准的眩光指数 GR 与眩光程度的关系, 当 GR 值小于 30 时, 眩光对驾驶员影响较小。通过设置一定角度、宽度和高度

的植物防眩设施, 可将对向车辆的灯光反射或散射, 减少直接入眼的光的强度和亮度, 避免眩光影响。

目前在国内交通安全设施设计的指导文件《公路交通安全设施设计规范》与《公路交通安全设施设计细则》中, 对于植物防眩方面的规定较为笼统,

收稿日期: 2023-07-10; 录用日期: 2023-09-19; 网络首发日期: 2024-03-04

网络首发地址: <https://link.cnki.net/urlid/23.1235.T.20240304.1333.008>

基金项目: 黑龙江省自然科学基金(LH2023E012); 国家自然科学基金(52308490); 中央高校基本科研业务经费专项资金(2572023CT17-04)

作者简介: 孙祥龙(1984—), 男, 副教授, 博士生导师

通信作者: 赵 琥, zhaohuber@163.com

仅给出了树种选择和种植条件方面的建议,没有规定设置的高度、距离等参数。国外的相关规范,如美国的《Manual on Uniform Traffic Control Devices》^[1]、欧洲的《Anti-glare Systems for Roads-Part 1: Performance and Characteristics》^[2]中都提出了防眩系统的光学性能计算方法以及防眩系统维修、养护建议,而对于设置参数也没有详细规定。

针对植物防眩设置参数的不明确问题,国内外学者进行了一些理论探讨,大部分研究采用了几何运算方法。耿靓靓等^[3]基于驾驶员预瞄特性,提出了平曲线处植物防眩角修正方法,并基于此提出了设置间距模型。赵恒等^[4]基于防眩间距模型,提出了植物防眩类别选择方法。李宇坤等^[5]对高速公路景区平台和中央隔离区进行了防眩光设计,并给出了中央隔离区抗眩光植物高度和间距的计算方法。张治军等^[6]利用平面几何定理推导出高速公路弯道段抗眩光植物间距的理论计算公式,通过自动CAD图形法进行检查,验证了植物防眩的效果。刘和平^[7]提出了一级公路直线段和弯道段的中央分隔带植物防眩间距和高度计算方法,并给出了设计参考依据。张仁徽^[8]提出了曲线路段植物防眩角及高度修正值。Wei等^[9]探讨了以适当的间隔改变景观模式对驾驶员疲劳和负面精神负荷的影响,发现在一定时间间隔内改变景观模式可以有益于驾驶员的身心状态。Zhang等^[10]对于高等级公路上植物防眩设施提出了一种评价方法,并通过差异分析论证验证了其有效性。Mok等^[11]使用车辆碰撞前后的比较作为植物防眩的定量测量,验证了植物防眩对驾驶员性能的影响。此外,也有学者采用模拟仿真的方式对植物防眩的高度设置效果进行验证,杨少伟等^[12]通过空间几何和水平对准理论,建立了不同路段防眩植物高度仿真评价模型,结果表明可以有效改善道路绿化设计,为安全评价提供技术支持。

从上述研究可以看出,目前国内外关于植物防眩设置的研究尚存在一些不足。首先,针对植物防眩问题推导出的相应计算公式并未针对不同线形条件和交通组成等方面进行深入探讨,虽然提出了植物防眩设置的计算公式,但并未明确指出植物防眩设置参数的取值范围,难以指导应用;其次,曲线路段防眩视距检验是影响运行安全的重要步骤,而目前的研究很少考虑这点。因此,本文针对上述问题,从道路平纵线形组合出发,考虑设计速度、道路宽度等因素,对高等级公路植物防眩设施间距设置及高度设置进行分析,提出符合不同道路环境的间距及高度设置建议值,以期望在满足规范的前提下细化

设置要求,为防眩设施设计及施工提供依据。

1 植物防眩间距设置模型

不同车辆在不同车道时车灯照射的位置和受到的眩光存在差别,为了确保最不利情况下防眩要求,根据道路线形、车道组合、车辆组合情况,计算最佳设置间距。

1.1 直线路段

在直线路段上,车辆与分隔带之间的位置以及车灯照射位置如图1所示。从图中的关系可以得到防眩遮光角 β_1 和两株防眩植物间距 L_1 的几何关系。

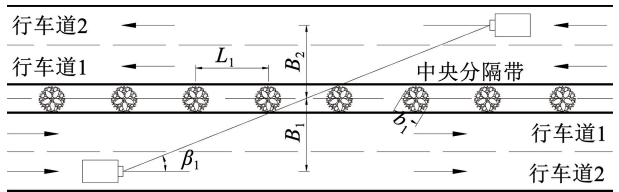


图1 直线路段植物防眩示意图

Fig. 1 Schematic diagram of plant anti-glare in the straight line section

$$\beta_1 = \sin^{-1} \frac{b_1}{L_1} \tag{1}$$

$$L_1 = \frac{b_1 \sqrt{(B_1 + B_2)^2 + L_0^2}}{B_1 + B_2} \tag{2}$$

式中:防眩植物投影直径为 b_1 ,对向两车距离中央分隔带中心线垂直距离分别为 B_1 、 B_2 ,对向两车纵向距离为 L_0 。

根据车辆所处不同车道,对向相互影响的车辆组合可以分为4类,见表1。根据《公路交通安全设施设计细则》(以下简称《细则》)10.3.1,相向行驶的两车横向间距 ≥ 14 m时,车辆灯光不会对驾驶员造成眩光影响,即组合4的情况。

表1 植物防眩设置车辆组合

Tab. 1 Vehicles combination of plant anti-glare setting		
组合	受到眩光作用的车辆位置	发出灯光照射的车辆位置
1	超车道	距离中央分隔带第二条车道
2	超车道	超车道
3	距离中央分隔带第二条车道	超车道
4	其他情况	其他情况

根据《细则》10.5.3,汽车在开启远光灯行驶时,照距约为120 m,故临界纵距 L_0 可取120 m。中央分隔带宽度一般为3 m。植物冠径大小一般在0.6~1.8 m之间^[13]。根据式(2)可以得到不同冠径下防眩间距的大小,如图2所示。从图中可以看出,随着冠径增加,设置间距也增加,组合2为最不利状态。考虑遮光角要求(《细则》10.1.2中取 $8^\circ \sim 10^\circ$),根据式(1)可得到防眩间距设置为3.46~12.93 m。

综合考虑式(1)和式(2),可得到设计速度为120 km/h和100 km/h时,间距为8.75~12.93 m;80 km/h时,间距为9.31~12.93 m;60 km/h时,间距为9.62~12.93 m。

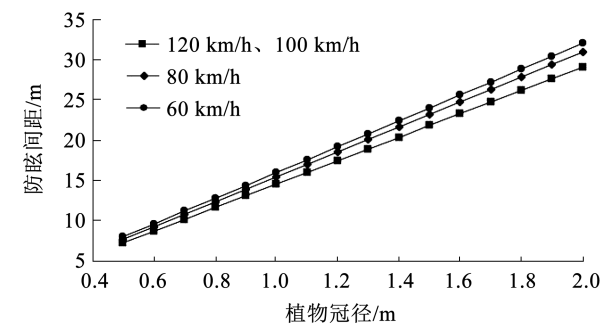


图2 直线段植物防眩设置间距

Fig. 2 The anti-glare spacing of the plant in the straight line section

1.2 平曲线路段

平曲线路段上车辆与分隔带之间的位置以及车灯照射位置如图3所示。从图中的关系可以得到防眩遮光角 β_2 和两株防眩植物间距 L_2 的几何关系。

$$\beta_2 = \cos^{-1} \frac{(R_0 - B_1) \cos \beta_2}{R_0} \tag{3}$$

$$L_2 = \frac{b_1}{\tan(\beta_2 + \varphi_0)} \tag{4}$$

式中:平曲线半径为 R_0 ,驾驶员与防眩植物中心线之间的横向距离为 B_1 , φ_0 为两株防眩植物之间所对应的平曲线圆心角。

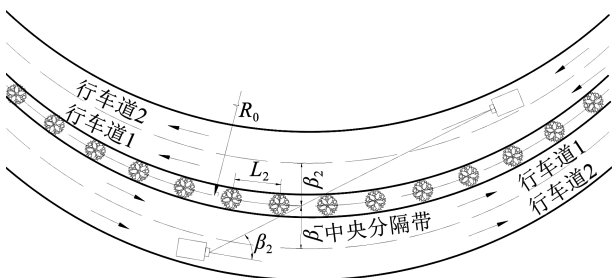


图3 曲线路段植物防眩示意图

Fig. 3 Schematic diagram of anti-glare plants on curved road sections

从满足植物冠径大小的角度考虑,组合3为最不利状态。平曲线路段遮光角为 $8^{\circ} \sim 15^{\circ}$,则植物冠径大小为0.6~1.8 m时,防眩间距的大小变化如图4所示,间距设置为2.24~12.81 m。

综合考虑式(3)和式(4)两种计算方式,得到设计速度为120 km/h时,间距为2.91~8.74 m;100 km/h时,间距为2.20~6.60 m;80 km/h时,间距为1.67~5.02 m;60 km/h时,间距为1.47~4.40 m。

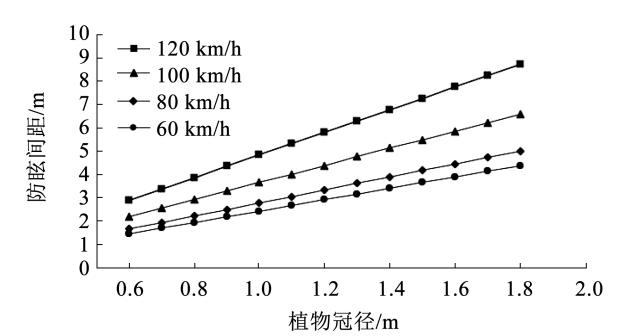


图4 曲线段植物防眩设置间距

Fig. 4 The anti-glare spacing of plants in the curve section

2 植物防眩设置高度模型

平曲线的外侧超高,竖曲线的凹凸起伏都会影响车灯照射角度和驾驶员视线。为了确保不同位置的防眩满足最低高度要求,分析不同线形条件下植物防眩设置高度。

2.1 直线-直坡与不设超高的平曲线-直坡路段

在直线-直坡路段和不设超高的平曲线-直坡路段,对向车辆对驾驶员造成眩光影响与防眩设施高度 H_1 之间的关系如图1和图5所示。

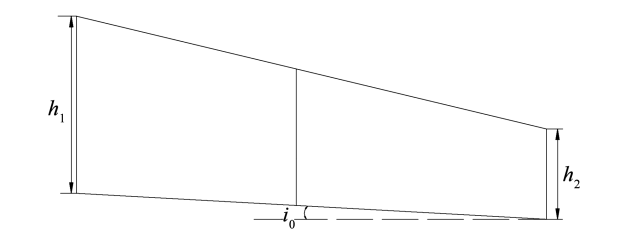


图5 防眩高度设置纵断面示意图

Fig. 5 Schematic diagram of longitudinal section of anti-glare height setting

根据图1和图5可得到防眩设施高度 H_1 的计算公式:

$$H_1 = h_2 + \frac{B_2}{B_1 + B_2} (h_1 - h_2) \tag{5}$$

其中:车辆1为受到眩光影响车辆,驾驶员视线高度为 h_1 ,车辆距离中央分隔带中心线横向距离为 B_1 ;车辆2为发出灯光照射车辆,车辆车灯高度为 h_2 ,车辆距离中央分隔带中心线横向距离为 B_2 ;道路纵坡为 i_0 。驾驶员视线高度和车灯高度取值^[14]见表2。

表2 不同车型对应的驾驶员视线高度和车灯高度
Tab. 2 The driver's sight height and o light height for different vehicles

车辆类型	视线高度 h_1 /m	车灯高度 h_2 /m
小客车	1.30	0.70
小货车	1.50	0.80
大客车	2.00	1.00
大货车	2.20	1.10

眩光受到横向距离、车道宽度、车道组合、车型组合等影响。取最不利车道组合为受到眩光影响的驾驶员位于超车道,发出眩光车辆位于从里向外第2条车道,车型组合为大货车-大货车,则设计速度为100 km/h时,计算得到设置高度最小值为1.82 m;设计速度为80 km/h和60 km/h时,设置高度最小值为1.83 m。

2.2 设置超高的平曲线-直坡路段

在设置超高的平曲线-直坡路段,超高一般采用绕中间带边缘旋转形式。道路绕中间带边缘旋转时,曲线内侧道路上发出灯光的车辆被抬高,外侧道路上受到眩光影响的驾驶员视线高度被降低,如图6所示。

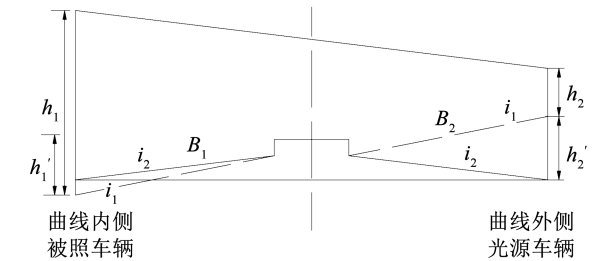


图6 道路绕中间带边缘旋转

Fig. 6 The road rotates around the edge of the middle belt

设道路超高值为 i_1 ,路拱横坡 $i_2 = 2\%$, h'_1 为驾驶员视线高度降低值 $i_2 B_1 (i_1/i_2 - 1)$, h'_2 为车灯高度升高值 $B_2 (i_2 + i_1)$,可以得到防眩设施高度:

$$H_2 = h_2 + B_2 (i_2 + i_1) + \frac{B_2}{B_1 + B_2} \left[\left(h_1 - i_2 B_1 \left(\frac{i_1}{i_2} - 1 \right) \right) - (h_2 + B_2 (i_2 + i_1)) \right] \tag{6}$$

取最不利的车道组合与车型组合进行计算,结果表明超高值(2% ~ 10%)对平曲线路段防眩高度影响不大,防眩设施高度主要与设计速度呈正相关。设计速度为100 km/h时,设置高度最小值为1.96 m;设计速度为80 km/h时,设置高度最小值为1.93 m;当设计速度为60 km/h时,设置高度最小值为1.88 m。

2.3 凹形竖曲线路段

当两对向车辆均位于凹形竖曲线内部时,在平面坐标系中两车的关系如图7所示。

设 i_3, i_4 分别为变坡点前、后纵坡;发出灯光车辆位于A点,坐标为 (x_1, y_1) ,距离中间带防眩设施距离为 B_1 ;受到眩光影响车辆位于B点,坐标为 (x_2, y_2) ,距离中间带防眩距离为 B_2 ;防眩植物位于C点,坐标为 (x_3, y_3) ,防眩高度为 H_2 ,防眩植物顶部位于D点,与AB相交于E点,坐标为 (x_4, y_4) 。根据图中各参数的几何关系,可得到防眩设施高度公式:

$$H_2 = \frac{(x - x_1) \left[\left(\frac{x_2^2}{2R} + i_3 x_2 \right) - \left(\frac{x_1^2}{2R} + i_3 x_1 \right) \right]}{x_2 - x_1} + \frac{x_1^2}{2R} + i_3 x_1 \tag{7}$$

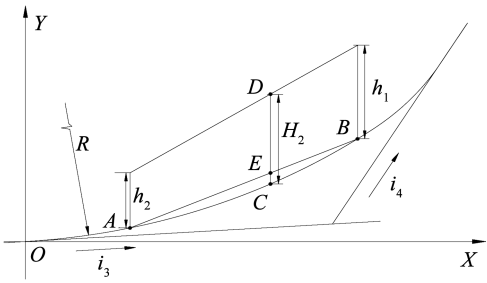


图7 凹形竖曲线两车均位于曲线内示意图

Fig. 7 Schematic diagram of concave vertical curve with two cars located in the curve

取最不利的车道组合与车型组合进行计算,得到设计速度、竖曲线半径与防眩高度之间的关系,如表3所示。

两对向车辆中有一辆位于凹形竖曲线内部时,在平面坐标系中两车的关系如图8所示。

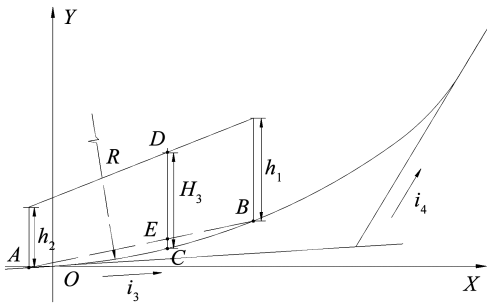


图8 凹形竖曲线其中一车位于曲线内示意图

Fig. 8 Schematic diagram of concave vertical curve where one of the cars is located inside the curve

根据图中各参数的几何关系,可得到防眩设施高度公式:

$$H_3 = \frac{2B_1 B_2 L_0 x'_3 (B_1 + B_2) + B_1^2 B_2 L_0^2 - B_1 x'^2_3 (B_1 + B_2)^2}{2R (B_1 + B_2)^3} \tag{8}$$

式中参数的含义同前,参数的上标表示不同的凹形竖曲。设计速度、竖曲线半径与防眩高度之间的关系如表3所示。

2.4 凸形竖曲线路段

车辆在凸形竖曲线上行驶时,眩光影响机理与平直路段一致所以,凸形竖曲线处防眩设施的高度可参考平直路段。需要注意的是,为了防止乔木植物防眩设施底部漏光(图9),可以采取种植花草、灌木等方式将防眩乔木的底部进行封闭处理。

表 3 凹形竖曲线处防眩设施高度

Tab. 3 Anti-glare height in concave vertical curve

设计速度/ (km·h ⁻¹)	竖曲线半径/m	两车位于 曲线内时 高度最小 值/m	一车位于曲 线内时高度 最小值/m	推荐 值*/m
120	6 000(一般值)	1.87	1.89	1.90
	4 000(极限值)	1.88	1.90	1.90
100	4 500(一般值)	1.88	1.90	1.90
	3 000(极限值)	1.89	1.91	1.90
80	3 000(一般值)	1.89	1.93	1.95
	2 000(极限值)	1.92	1.95	1.95
60	1 500(一般值)	1.94	1.96	1.95
	1 000(极限值)	1.97	1.97	2.00

注：* 为方便施工养护,对高度值以 0.5 m 为基准进行取整。

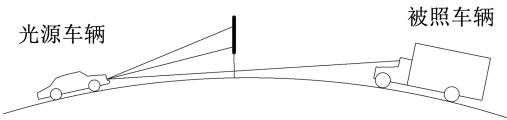


图 9 凸形竖曲线透光示意图

Fig. 9 Schematic diagram of light transmission on convex vertical curves

3 防眩高度极限模型

车辆在平曲线上行驶,平曲线半径较小或中间带宽度较小时,弯道后侧车辆对于弯道前方车辆是否会失去车辆顶部的视野,取决于防眩设施高度。《细则》中指出,平曲线半径 $R \leq 400$ m 时,为了避免防眩设施对驾驶员视距形成干扰,防眩设施设置高度不应超过极限值。

为了满足驾驶员在平曲线上行驶时的停车视距要求,设定此时防眩高度 H_4 ,前方车辆车顶高度为 h_1 ,后方车辆视线高度为 h_2 ,平曲线半径为 R ,停车视距为 S ,则可以得到如下公式:

$$H_4 \leq \frac{2R \sin \frac{S}{2R} - \left(R + \frac{d_1}{2}\right) \frac{2R \sin \frac{S}{2R}}{R + d_1}}{2R \sin \frac{S}{2R}} (h_2 - h_1) + h_1$$

(9)

综合式(9)以及表 2 中的驾驶员视线规定,可得到不同车型在不同设计速度下,满足停车视距要求时,设置高度均约为 1.98 m,该值为防眩高度设置了上限,同时也能防止形成“墙壁效应”,造成驾驶员心理压力。

4 植物防眩设置推荐取值

4.1 设置间距

综合 1.1 节和 1.2 节中间距的理论计算结果,考虑植株的成本和施工养护的便利性,以 1 m 为基准进行间距取整设置,速度高的取下限,速度低的取上限,设置间距推荐值如表 4 所示。

表 4 不同路段植物防眩设置间距取值范围

Tab. 4 Distance range of plant anti glare in different road sections

线形	设计速度/(km·h ⁻¹)	间距设置/m	间距推荐值/m
直线段	120	8.75 ~ 12.93	9
	100	8.75 ~ 12.93	9
	80	9.31 ~ 12.93	12
	60	9.62 ~ 12.93	12
曲线段	120	2.91 ~ 8.74	3
	100	2.20 ~ 6.60	3
	80	1.67 ~ 5.02	5
	60	1.47 ~ 4.40	5

4.2 设置高度

综合 2.1 节至 2.4 节中不同道路线形条件下防眩高度设置的最小值,同时考虑视距安全,从方便施工养护的角度出发,对防眩植物设置高度值以 0.5 m 为基准进行取整,高度推荐值见表 5。

表 5 曲线路段植物防眩高度取值范围

Tab. 5 The value range of the anti-glare height of the curved road section

线形	设计速度/ (km·h ⁻¹)	防眩高度最 小值/m	满足视距最 大高度值/m	防眩高度 推荐值/m
不设超高 平曲线	120	1.82	—	1.85
	100	1.82	1.98	1.85
	80	1.83	1.98	1.85
	60	1.83	1.98	1.85
设置超高 平曲线	120	1.96	—	2.00
	100	1.96	1.98	1.96*
	80	1.93	1.98	1.95
	60	1.88	1.98	1.90
凹形竖曲线	120	1.90	—	1.90
	100	1.90	1.98	1.90
	80	1.95	1.98	1.95
	60	1.95	1.98	1.95

注:—表示设计速度 120 km/h 时,平曲线极限最小半径大于需要进行视距检验的平曲线最大半径,则不进行视距检验。* 表示受最小值与最大值的限制无法取整,设计中取最小值。

5 案例分析

黑大公路(青冈—兰西)地处黑龙江省东部,全线设计速度为100 km/h,路基宽度为27.5 m,横断面形式为土路肩2×1.0 m+硬路肩2×3.0 m+中央隔离带3 m+路缘带2×0.75 m+行车道4×3.75 m。防眩植物选取适合北方生长的云杉、偃伏莱木,冠径约为1 m。取K501+103.116~K508+842.83路段内的直线-凹形竖曲线路段和设置超高的平曲线路段为例进行计算验证,过程如下。整个路段的计算结果见表6。

表6 植物防眩设置参数			
Tab.6 Plant anti-glare settings in the example			
桩号	道路线形组合	间距/m	高度/m
K501+103.116~K507+119.564	直坡线	9	1.90
K507+119.564~K507+240.436	直线-凹形竖曲线	9	1.90
K507+240.436~K507+359.249	设置超高的平曲线	3	1.95
K507+359.249~K507+580.751	凸形竖曲线	3	1.90
K507+580.751~K508+842.83	直坡线	9	1.90

1) 直线-凹形竖曲线路段(K507+119.564~K507+240.436)

防眩植物投影直径 $b_1=1$ m,对向两车纵向距离 $L_0=120$ m,最不利状态为组合2,对向两车距离中央分隔带的垂直距离 $B_1=B_2=3/2+0.75+3.75/2=4.125$ m。根据式(1)、(2)计算间距为9.46 m,根据表4的推荐值取9 m。

竖曲线半径 $R=3\ 800$ m,边坡点前纵坡 $i_3=0.764\%$,变坡点后纵坡 $i_4=3.945\%$,最不利状态为组合1,对向两车距离中央分隔带垂直距离 $B_1=3/2+0.75+3.75\times3/2=7.875$ m, $B_2=3/2+0.75+3.75/2=4.125$ m。根据式(7)、(8),计算高度为1.93 m,根据表5推荐值取1.90 m。

2) 设置超高的平曲线路段(K507+240.436~K507+359.249)

防眩植物投影直径 $b_1=1$ m,平曲线半径 $R_0=2\ 000$ m,最不利状态为组合3,驾驶员与防眩植物中心线之间的横向距离 $B_1=3/2+0.75+3.75\times3/2=7.875$ m。根据式(3)、(4),计算间距为2.54 m,根据表4的推荐值取3 m。

超高值 $i_1=1.5\%$,路拱横坡 $i_2=2\%$,平曲线半

径 $R_0=2\ 000$ m,停车视距为 $S=160$ m,最不利状态为组合1。驾驶员与防眩植物中心线之间的横向距离 $B_1=3/2+0.75+3.75/2=4.125$ m, $B_2=3/2+0.75+3.75\times3/2=7.875$ m。根据式(6)、(9),计算高度为1.96 m,根据表5推荐值取1.96 m。

从案例的计算中可以看出,不同道路线形组合下计算得到的防眩间距与高度值都在理论计算的范围之内。在设计过程中,可参考推荐值快速确定不同路段的植物防眩参数,达到差异化与精确化的设计目的,同时合理的参数设置也可为施工养护提供便利及节约成本。

6 结 论

1) 基于对向车辆在横向和纵向的几何位置关系以及防眩角变化,分别构建了直线段和曲线段植物防眩间距模型。根据车辆所处的车道位置不同,分析了不同车道组合对间距的影响,并计算得到了最不利组合条件下不同设计速度对应的间距设置范围,直线路段在8.75~12.93 m之间,曲线路段在1.47~8.74 m之间。

2) 根据不同道路线形下车辆之间的位置关系,分别提出了不设超高平曲线、设置超高平曲线及凹形竖曲线的防眩高度模型,并计算得到了最不利组合条件下的高度设置最小值。同时考虑驾驶员视距安全,提出了防眩高度设置约束条件,得到了满足视距要求的最大高度值。

3) 考虑植株的成本和施工的便利性,确定了设计速度120 km/h和100 km/h时,直线段植物间距设置推荐值为9 m,曲线段为3 m;80 km/h和60 km/h时,直线段间为12 m,曲线段为5 m。不设超高平曲线路段植物高度设置推荐值为1.90 m;设置超高平曲线路段,设计速度120 km/h、100 km/h及80 km/h时,为1.95 m;60 km/h时,为1.90 m;凹形竖曲线路段,设计速度120 km/h和100 km/h时,为1.90 m;80 km/h和60 km/h时,为1.95 m。

参考文献

[1] FHWA. Manual on uniform traffic control devices[S]. Washington DC: Claitors Publishing Division, 2000

[2] European Committee for Standardization. Anti-glare systems for roads——Part 1: performance and characteristics: 12676-1: 2000 [S]. Brussels: BSI, 2000

[3] 耿靓靓,秦梦圆. 基于改进防眩角的高速公路弯道段中分带防眩植物间距研究[J]. 土木工程与管理学报, 2022, 39(4): 107

GENG Liangliang, QIN Mengyuan. Study on the spacing of antiglare plants on median strip in the curved section of freeway based on rectified shading angle [J]. Journal of Civil Engineering and Management, 2022, 39(4) : 107

[4]赵恒,耿赜赜,刘有军,等. 高速公路中央分隔带防眩植物选择方法[J]. 公路, 2022, 67(9) : 399

ZHAO Heng, GENG Liangliang, LIU Youjun. Selection method of anti glare plants on median strip of expressway[J]. Highway, 2022, 67(9) : 399

[5]李宇坤,苑剑英,谢维嘉. 高速公路观景台与中央隔离带防眩设计[J]. 公路工程, 2019, 44(4) : 113

LI Yunkun, YUAN Jianying, XIE Weijia. Anti-glare design of expressway scenic platform and central isolation zone[J]. Highway Engineering, 2019, 44(4) : 113

[6]张治军,孙铭. 高速公路曲线段中央分隔带植树防眩株距研究[J]. 北方交通, 2016(4) : 121

ZHANG Zhijun, SUN Ming. The anti-glare plant spacing on the curved section of freeway central separated [J]. Northern Communications, 2016(4) : 121

[7]刘和平. 一级公路中央分隔带植物防眩设计研究[J]. 黑龙江交通科技, 2019(6) : 63

LIU Heping. Research on the anti-glare design of plants in the central partition of the first-class highway [J]. Heilongjiang Transportation Science and Technology, 2019(6) : 63

[8]张仁徽. 不同应用环境对中央分隔带绿化的防眩要求[J]. 城市建设, 2013(14) : 72

ZHANG Renwei. The anti-glare requirements for the greening of the central partition in different application environments [J]. Urban Construction, 2013(14) : 72

[9]WEI Z, LIU S, QIU S, et al. Human personality based investigation on distance threshold for freeway landscape pattern [J]. Transportation Research Record, 2018, 2672(39) : 52

[10]ZHANG H, LI C, CHENG S L, et al. Evaluation approaches of urban freeway greening [J]. Applied Mechanics & Materials, 2013, 361

[11]MOK J H, LANDPHAIR H C, NADERIJ R. Landscape improvement impacts on roadside safety in Texas [J]. Landscape and Urban Planning, 2006, 78(3) : 263

[12]杨少伟,王云泽,潘兵宏. 中央分隔带防眩植物高度的计算方法[J]. 长安大学学报(自然科学版), 2015, 35(4) : 27

YANG Shaowei, WANG Yunze, PAN Binghong. Calculation method of the height of antiglare plant on median strip[J]. Journal of Chang'an University (Natural Science Edition), 2015, 35(4) : 27

[13]刘兴茂,杨运兴,龙文海. 高速公路中央分隔带植物合理间距及高度研究[J]. 公路交通技术, 2017, 33(5) : 142

LIU Xingmao, YANG Yunxing, LONG Wenhai. Research on the reasonable spacing and height of plants in the central separation zone of expressway [J]. Highway and Transportation Technology, 2017, 33(5) : 142

[14]嵇宝国. 基于汽车运行与道路线形各因素影响下眩目的分析及规律研究[D]. 重庆: 重庆交通大学, 2014

ZHUO Baoguo. Based on the analysis of dazzling under the influence of various factors of automobile operation and road alignment and research on its law [D]. Chongqing: Chongqing Jiaotong University, 2014

(上接第 135 页)

[8]HAN F, CHENG L. Stochastic user equilibrium model with a tradable credit scheme and application in maximizing network reserve capacity [J]. Engineering Optimization, 2017, 49(4) : 549

[9]MIANDOABCHI E, FARAHANI R Z. Optimizing reserve capacity of urban road networks in a discrete network design problem [J]. Advances in Engineering Software, 2011, 42(12) : 1041

[10]刘令. 占道施工对区域路网容量的影响研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2017

LIU Ling. Effects of work zones on road network capacity [D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2017

[11]王熙煜. 城市道路施工作业影响下路网容量的计算及提升分析 [D]. 西安: 长安大学, 2020

WANG Xiyu. The calculation of network capacity and analysis of improving under the influence of constructing urban road [D]. Xi'an: Chang'an University, 2020. DOI: 10. 26976/d. cnki. gchau. 2020. 001160

[12]邵长桥,张兴宇,罗凯,等. 高速公路施工区通行能力研究综述 [J]. 武汉理工大学学报(交通科学与工程版), 2021, 45(2) : 207

SHAO Changqiao, ZHANG Xingyu, LUO Kai, et al. A review of traffic capacity in express way work zones [J]. Journal of Wuhan University of Technology (Transportation Science & Engineering), 2021, 45(2) : 207

[13]VON DER HEIDEN N, GEISTEFELDT J. Capacity of freeway work zones in Germany [J]. Transportation Research Procedia, 2016, 15: 233

[14]李红莲. 可换乘条件下的城市多模式交通分配研究 [D]. 北京: 北京交通大学, 2011

LI Honglian. Study on the urban multi-modal traffic assignment under the condition of inter-mode transfer [D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2011

[15]宋英华,李玉枝,霍非舟,等. 城区内涝条件下城市公交-地铁双层交通网络的脆弱性分析[J]. 安全与环境工程, 2021, 28(2) : 114

SONG Yinghua, LI Yuzhi, HUO Feizhou, et al. Vulnerability of two-layer traffic network of bus and subway under waterlogging condition based on complex network theory [J]. Safety and Environmental Engineering, 2021, 28(2) : 114