

# 中央分隔带防眩植物高度的计算方法

杨少伟,王云泽,潘兵宏

(长安大学 特殊地区公路工程教育部重点实验室,陕西 西安 710064)

**摘要:**为解决各种道路条件下中央分隔带防眩植物高度设置统一而引发的一些路段防眩效果较差的问题,基于道路平纵横线形组合的不同特征,考虑超高、曲率和纵坡等不同因素单独或组合的影响,根据车型选择最不利位置作为特征点;利用空间几何和平面线形理论,研究不同路段任意桩号中央分隔带防眩植物高度的计算方法;利用计算机建立仿真模型,求解各桩号防眩植物的有效高度。研究表明:不同的平纵组合,最不利特征点的位置不同;不同桩号的中央分隔带防眩植物的高度也不同;可为改进道路绿化设计提供帮助,为交通安全评价提供技术支撑。

**关键词:**道路工程;中央分隔带;防眩植物;高度计算;安全评价

**中图分类号:**U411

**文献标志码:**A

## Calculation method of the height of antiglare plant on median strip

YANG Shao-wei, WANG Yun-ze, PAN Bing-hong

(Key Laboratory for Special Area Highway Engineering of the Ministry of Education,  
Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China)

**Abstract:** In order to solve the bad effects of antiglare in some road sections which were caused by the setting height of median strip plants, this paper, based on the different characteristics of the combination of road flat, vertical and horizontal-shaped alignments, considered the effects of super elevation, curvature, longitudinal slope and other factors alone or combination, and selected the most unfavorable position as feature points according to the vehicle models. Through spatial geometry and horizontal alignment theory, the calculating method was put forward, which was about the antiglare plants height on median strip in different sections and each station antiglare. Simulation model was established by using computer to solve the effective height of each station glare plant. The results show that the position of the most unfavorable feature points is different with different combinations of horizontal and vertical alignments, and the height antiglare plants on median strip is also different in different station antiglare. This paper is helpful to improve the road greening design, and provides technical support for safety appraisal. 1 tab, 6 figs, 13 refs.

**Key words:** road engineering; median strip; antiglare plant; height calculation; safety appraisal

0 引言

眩光指在驾驶人视野范围内对向出现的极高强光,使驾驶人视觉机能或者视力降低,并产生烦恼和舒适的光照,因此,设计合理的公路绿化有利于交通安全<sup>[1-2]</sup>。近年来,很多有条件的高等级公路纷纷采取在中央分隔带进行绿化来代替工程防眩设施,实现了更好的生态效益和景观效益。同时,夜间行车前照灯照射光线被左侧的中央分隔带绿化植物所阻隔,大部分被反射和折射掉,起到了很好的防眩效果。

对于高速公路中央分隔带绿化防眩植物的设计,李爱民等分别从灯光的扩散角、驾驶人的动视觉、车速等角度进行了分析和研究,针对防眩植物的高度在工程种植方面给出了定值,相关研究均具有一定科学性,在工程实际中也有所应用<sup>[3-7]</sup>。但从中国已投入运营的诸多高速公路中央分隔带绿化防眩的情况来看,普遍遵循了统一、整齐的主导思想。遵循这一理念,许多高速公路中央分隔带的植物被刻意修剪成统一模式。但由于直线路段与平、竖曲线路段的路线线形特征差异,平坡段和纵坡段存在的高度差距,大大削弱了中央分隔带绿化植物的防眩工效,直接或间接地导致了平纵组合路段交通事故的频繁发生。因此,如何确定不同路段任意桩号绿化植物的有效高度(植物顶端高程与道路设计中心高程之差),以保证绿化的防眩效果仍是一个亟待解决的工程问题。

1 平坡段防眩植物的高度

平坡路段在实际工程设计中比较少见,一般规定公路的纵坡不宜小于 0.3%。横向排水不畅的路段或长路堑路段,采用平坡(0%)或小于 0.3%的纵坡时,其边沟应作纵向排水设计<sup>[8]</sup>。平坡路段对向来车前照灯的照射高度和驾驶人视点高度不受纵坡的限制,只需考虑路拱坡度、曲率和超高的影响。

1.1 直线路段

在不设纵坡的直线路段,在垂直方向上驾驶人视点和対向来车前照灯的高差仅受路拱横坡影响。高速公路、一级公路整体式路基的路拱采用双向路拱坡度,由路中央向两侧倾斜。由于路拱横坡设置的对称性和曲率(认为直线的曲率无穷大)、纵向高差的无差异性,所以每个桩号所对应的中央分隔带防眩植物的计算高度具有普遍性,见图 1、图 2。

道路眩光由光源、遮挡物和视线高度 3 个特征

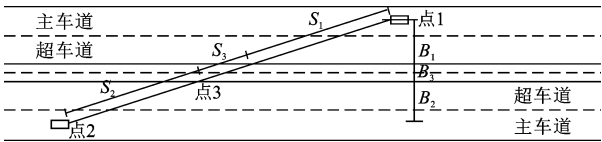


图 1 直线路段防眩平面

Fig. 1 Plane layout of antiglare in straight sections

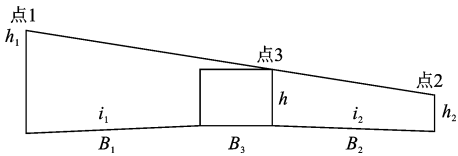


图 2 直线路段防眩立面

Fig. 2 Elevation of antiglare in straight sections

点组成。在设置较窄中间带的道路上,超车道大型车驾驶人受到对向主车道大型车前照灯的眩光影响时,对防眩高度要求最高,其次是大型车受小型车眩光、小型车受大型车眩光,最后是小型车受小型车眩光。由此可知,前照灯和驾驶人高度越高、中央分隔带越窄,超车道车辆驾驶人避免对向主车道车辆眩光所要求的防眩高度越高<sup>[6]</sup>。根据现场调查研究,特征点 1、2(图 1、图 2)分别取超车道大型车驾驶人视线高度和对向主车道大型车前照灯的位置时,属于最不安全情况,对防眩植物高度的要求最高。同时考虑中央分隔带的宽度,特征点 3 应选在光源一侧即靠近特征点 2 的中央分隔带边缘植物顶端的位置,以此来确定防眩植物有效高度的最小值。各种车型驾驶人视线高度和前照灯高度<sup>[9]</sup>见表 1。

表 1 驾驶人视线高度和前照灯的高度值

Tab. 1 Driver's eye level and height of headlamp

车型	视线高度 $h_2$ /m	前照灯高度 $h_1$ /m
大型车	2.0	1.0
小型车	1.3	0.8

由图示几何关系可知

$$h=h_2-B_2i_2+(h_1-B_1i_1-h_2+B_2i_2)S_2/(S_1+S_2+S_3) \tag{1}$$

$$S_2/(S_1+S_2+S_3)=B_2/(B_1+B_2+B_3) \tag{2}$$

式中: $h_1$  为汽车前照灯高度(m); $h_2$  为驾驶人视线高度(m); $i_1$ 、 $i_2$  为路拱坡度; $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$  分别为 3 个特征点之间的水平投影距离(图 1); $B_1$ 、 $B_2$  分别为上、下车行道车辆距防眩植物边缘的距离(m); $B_3$  为中央分隔带绿化植物宽度(m)。

由式(1)、式(2)可得

$$h=h_2-B_2i_2+(h_1-B_1i_1-h_2+B_2i_2)B_2/(B_1+B_2+B_3) \tag{3}$$

由式(3)可以看出,中央分隔带植物的高度除

受到对向行驶车辆的类型、中央分隔带宽度的限制,还受到特征点 1、2 与中央分隔带边缘距离的影响。不同的道路条件、驾驶人心理以及天气状况都会影响特征点 1、2 的横向位置,应根据实地路况调查确定。当难以确定或数据离散较大时,应选择最不利情况进行计算,即当超车道大型车内侧轮胎边缘贴近左侧路缘带边缘、对向主车道大型车外侧轮胎边缘贴近外侧行车道边线时,根据  $B_1$ 、 $B_2$  求解防眩植物最小高度。由于直线路段的特殊性,当  $B_1$ 、 $B_2$ 、 $B_3$  的宽度固定时,防眩植物的高度也是固定的,即直线路段每一桩号的防眩植物的高度具有普遍性。

## 1.2 平曲线路段

在平曲线路段,车辆前照灯的光线指向切线方向。曲线外侧车道上车辆的前照灯光线沿曲线切线方向射向路外,不会使对向车道驾驶人产生炫目。而曲线内侧车辆的前照灯光线是沿切线射向外侧车道的,会使外侧车道上车辆驾驶人产生炫目<sup>[10-11]</sup>。

平曲线路段主要由缓和曲线和圆曲线组成,在设有超高的路段,道路内外侧的高差在加剧道路外侧方向车辆眩光效应的同时,会减弱内侧方向车辆的眩光效应,加之道路中心线曲率的改变,从而导致各路段范围内不同桩号中央分隔带防眩植物有效高度的不同。平曲线路段特征点的选择同上,但根据曲线路段特性,特征点 1 的位置只能选择平曲线外侧的超车道上,见图 3。

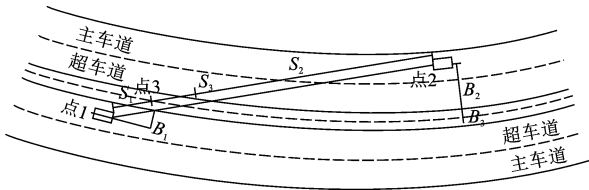


图 3 平曲线路段防眩平面

Fig. 3 Plane layout of anti-glare in horizontal curve sections

根据平曲线的几何特征,结合殷海峰等的研究成果<sup>[12]</sup>,可得道路中心线的坐标表达式为

$$\begin{bmatrix} x_c \\ y_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(T_0) & -\sin(T_0) \\ \sin(T_0) & \cos(T_0) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_c \\ v_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$u_c + v_c = \int_0^{L-L_0} e^{i[a(L-L_0)^2 + M_0(L-L_0)]} dL$$

式中: $L$  为任意点桩号; $L_0$  为起算点的桩号; $M_0$  为起算点的曲率; $T_0$  为起算点的前进方向; $(x_0, y_0)$ 、 $(x_c, y_c)$  分别为起算点和任意一点的桩号坐标; $u_c$ 、 $v_c$  为欧拉公式参数。

将道路中心点沿法线方向移动  $D$  得到边桩

坐标

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_c - D\sin(T) \\ y_c + D\sin(T) \end{bmatrix} \quad (5)$$

式中: $D$  为距中距离,在道路左边的距中为负,在道路右边的距中为正; $T$  为道路前进方向的方位角。

$$T = \frac{d^2 T}{dL^2} (L - L_0)^2 + M_0 (L - L_0) + T_0 \quad (6)$$

当  $\frac{d^2 T}{dL^2} = 0$  时,就是圆曲线;当  $\frac{d^2 T}{dL^2}$  不为 0 时,就是缓和曲线。

曲线是设置超高和加宽的主要部位,假设曲线起点路拱坡度为  $i_q$ ,曲线终点的路拱坡度为  $i_e$ ,则任一桩号的路拱坡度  $i$  可表示为(当曲线为圆曲线或为不设超高的曲线时,起终点的路拱坡度一样)

$$i = \frac{i_e - i_q}{l} (L - L_0) \quad (7)$$

式中: $i_q$ 、 $i_e$  相对道路中心线较高的一侧为正,较低的一侧为负; $l$  为缓和曲线或圆曲线总长度。

由图 3 几何关系和特征点 1、2 的坐标  $(x_{c1}, y_{c1})$  和  $(x_{c2}, y_{c2})$ ,可得眩光线路的平面直线函数为

$$y = \frac{y_{c2} - y_{c1}}{x_{c2} - x_{c1}} (x - x_{c1}) + y_{c1} \quad (8)$$

令  $D = \pm B_3/2$ ,则中央分隔带边缘的坐标为

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_c \mp D\sin(T) \\ y_c \pm D\sin(T) \end{bmatrix} \quad (9)$$

由式(8)和式(9)联立求解,可得特征点 3 的坐标  $(x_{c3}, y_{c3})$ ,然后通过式(6)即可反推此处所对应的桩号  $L$ 。

根据几何关系可以得到

$$S_1 + S_3 = \sqrt{(x_{c1} - x_{c3})^2 + (y_{c1} - y_{c3})^2} \quad (10)$$

$$S_2 = \sqrt{(x_{c2} - x_{c3})^2 + (y_{c2} - y_{c3})^2} \quad (11)$$

将  $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$  代入式(3),即可得到桩号  $L$  处防眩植物的有效高度。

## 2 纵坡段防眩植物的高度

被刻意修剪成统一模式的中央分隔带在竖曲线段的防眩工效是最差的,因为道路前进方向上相对高度的差异会减弱中央分隔带绿化植物的防眩作用,纵坡越大,作用越小。尤其是在半径较小或长度较长的竖曲线上,由于绝对路程内相对高度的较大差距,会导致对向来车灯光的照射范围更加广阔,使得暴露在对向来车前照灯照射范围内的驾驶人极度不适,极易引发交通事故。同时,竖曲线路段也不能忽视平纵线形组合造成的影响,可借鉴平坡路段的

研究成果进行特征点分析。

## 2.1 凹形竖曲线防眩植物高度

在凹形竖曲线路段,处于低处的驾驶人可以较大的角度看到位于较高位置的对向来车前照灯光,并且经受较长时间的眩光,因而应根据凹形竖曲线半径和前后纵坡的大小,适当增加凹形竖曲线路段中央分隔带绿化植物的高度。当中央分隔带的某一植株位于凹形曲线的最低点,而相向行驶的车辆分别位于该点纵向距离相等的位置,根据人能感觉到的眩光的最大纵距为 120 m,当两车的纵距为 120 m 时,中央分隔带植株的高度要求最高<sup>[4]</sup>,见图 4。

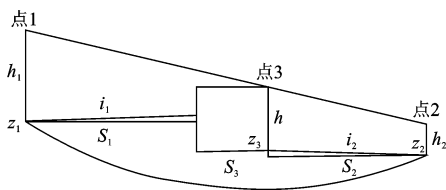


图 4 凹形竖曲线路段防眩示意立面

Fig. 4 Elevation of antiglare in concave vertical curve sections

根据上述已有研究结论,可以得到特征点 1、2、3 的坐标 $(x_{c1}, y_{c1})$ ,  $(x_{c2}, y_{c2})$ 和 $(x_{c3}, y_{c3})$ ,然后由式(10)、式(11)求出 $S_1 + S_2$ 和 $S_3$ ,并反推出特征点 3 所对应的中心桩号 $L$ 。

考虑超高因素,可推出与路中线平行、距离中线宽度为 $D$ 的轨迹上任一点的高程计算方法<sup>[13]</sup>

$$e(L) = \begin{cases} \frac{\text{sgn}(D)(L - r_{ok})e_i \text{sgn}(T) \text{sgn}(D) - e_c}{r_{fk} - r_{ok}} & r_{ok} \leq L < r_{fk} \\ e_k \text{sgn}(\varphi(L)) & L \geq r_{fk} \end{cases} \quad (12)$$

$$z_n(L) = z(L) + w \frac{e(L)}{100} \quad (13)$$

式中: $e(L)$ 为桩号 $L$ 处横断面上任意一点的路拱横坡值; $z_n(L)$ 为桩号 $L$ 处横断面上任意一点的高程(m); $z(L)$ 为道路中心线高程(m); $\text{sgn}(\cdot)$ 为符号函数; $e_i$ 为路线超高绝对值; $e_k$ 为第 $k$ 段路线超高绝对值; $e_c$ 为路拱横坡值; $r_{ok}$ 、 $r_{fk}$ 分别为超高过渡段的起点、终点桩号; $w$ 为驾驶人距道路中线的路离(m)。

令 $D$ 分别等于 $B_1$ 、 $B_2$ 、 $B_3$ ,可得到特征点 1、2、3 处的绝对高程 $z_1$ 、 $z_2$ 、 $z_3$ ,则任一桩号处中央分隔带防眩植物的有效高度为

$$h = z_2 + h_2 + \frac{(z_1 + h_1 - z_2 - h_2)S_2}{S_1 + S_2 + S_3} - z_3 \quad (14)$$

## 2.2 凸形竖曲线

在凸形竖曲线路段,驾驶人可以在一定范围从较低的角度看到对向车前照灯的眩光,随着两车驶

近,视线上移,眩光才能被中央分隔带的植物遮挡。所以在凸形竖曲线路段应该加强中央分隔带植物下部空间的遮光作用,见图 5。

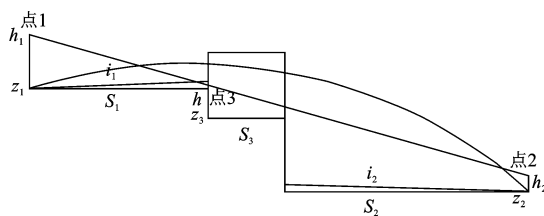


图 5 凸形竖曲线防眩示意立面图

Fig. 5 Elevation of antiglare in convex vertical curve sections

根据竖曲线的性质和防眩特征,特征点 1、2 应分别选择位置更靠下的小型车驾驶人的视线高度和前照灯的位置,特征点 3 的位置取到更靠近特征点 1 的中央分隔带的一侧,所求高度 $h$ 为防眩植物下部空间所允许的最大高度,计算方法与凹形竖曲线相同。

## 3 建立防眩高度仿真模型

由于过一点可以做无数条直线,所以通过每一桩号的眩光路线亦有无无数条,根据不同的对向来车的距离可以求出无限个有效高程 $h_i (i=1, 2, 3, \dots)$ ,所求最大值即为最终有效高度 $h$ (当求凸形竖曲线防眩植物的下部空间时,应取最小值)。建立防眩高度仿真模型,利用计算机技术,自动快速地计算道路任一桩号中央分隔带防眩植物的最终有效高度。在计算机实现方面,需要解决 2 个问题:①采用交点法,利用过 $S_2$ 和 $S_3$ 的空间直线以及式(5)求出 $S_1$ 的坐标;②根据上述研究,直线段的计算特征具有对称性,而曲线段受眩光影响的主要是曲线外侧的驾驶人,因此计算时 $S_2$ 只取曲线外侧位置、直线任意一侧,较大程度上减少了计算机运算步骤和时间。仿真计算模型具体实现流程见下页图 6。

## 4 结 语

(1)构建了道路不同路段中央分隔带绿化植物防眩高度的方法,通过分析驾驶人视点位置与对向来车前照灯高度连线及防眩植物有效高度的关系,可以计算任一桩号的中央分隔带最小高度。

(2)利用计算机仿真技术,提出基于最不利状况的有效高度计算方法,能够及时发现影响行车舒适性和安全性的不利地段,便于调整和改进景观设计,对公路几何设计和安全评价具有重要意义。

(3)针对路线特征,分段提出了不同的设计方

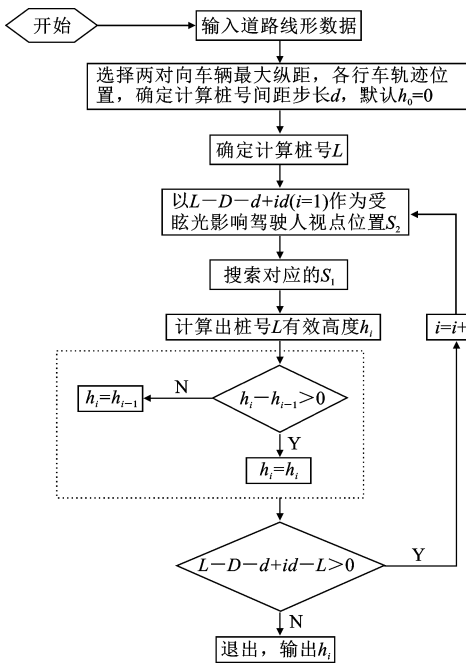


图 6 仿真模型计算流程

Fig. 6 Height calculation flow of simulation model

法,但需分别指定各段曲线的起终点,缺乏计算的连续性,需在今后的研究中进一步改进。

## 参考文献:

## References:

[1] 王昆元. 道路交通安全安全管理[M]. 北京:机械工业出版社,2004.  
WANG Kun-yuan. Road transport security management [M]. Beijing:China Machine Press,2004. (in Chinese)

[2] 仓田益二郎. 绿化工程技术[M]. 顾宝衡,译. 成都:四川科学技术出版社,1989.  
Kurata M. Green engineering technology[M]. Translated by GU Bao-heng. Chengdu:Sichuan Science and Technology Press,1989. (in Chinese)

[3] 李爱民. 高速公路防眩设施研究[J]. 公路交通科技, 1994(3):17-22.  
LI Ai-min. Research on the anti-glare devices in freeway[J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development,1994(3):17-22. (in Chinese)

[4] 杨启帆. 高速公路中央分隔带绿化设计的研究[J]. 中国水运,2008,8(4):113-114.  
YANG Qi-fan. Study on the planting design of mid compartment strip[J]. China Water Transport,2008,8(4):113-114. (in Chinese)

[5] 唐 强,薛志杰,石 平,等. 高速公路中央隔离带树木种植设计与行驶车辆防眩原理及其公式构建[J]. 沈阳农业大学学报,2005,36(4):466-470.  
TANG Qiang, XUE Zhi-jie, SHI Ping, et al. Planting

design of mid compartment strip on expressway and establishing formulas of preventing dizzy for vehicles [J]. Journal of Shenyang Agricultural University, 2005,36(4):466-470. (in Chinese)

[6] 袁荷伟,曹学禹. 高速公路中央分隔带防眩绿化评价方法的研究[J]. 道路与安全,2007,7(6):23-25.  
YUAN He-wei, CAO Xue-yu. Study on greening anti-glare evaluation method of the central reserve on freeway[J]. Road Traffic & Safety,2007,7(6):23-25. (in Chinese)

[7] Mok J H. Landscape improvement impacts on roadside safety in Texas[J]. Landscape and Urban Planning,2006,78(3):263-274.

[8] JTG D20—2006,公路路线设计规范[S].  
JTG D20—2006, Design specification for highway alignment[S]. (in Chinese)

[9] JTG/T D81—2006,公路交通安全设施设计细则[S].  
JTG/T D81—2006, Guidelines for design of highway safety facilities[S]. (in Chinese)

[10] 肖代全,马荣国,李铁强. 不同应用环境对中央分隔带绿化的防眩要求[J]. 公路交通科技,2010,27(10):133-137.  
XIAO Dai-quan, MA Rong-guo, LI Tie-qiang. Requirements of anti-glare effect of median virescence under different conditions[J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2010, 27(10):133-137. (in Chinese)

[11] 李铁强,肖代全,李宝银,等. 津汕(威乌)公路冀津至冀鲁界高速公路绿化工程优化研究[R]. 武汉:华中科技大学,2007.  
LI Tie-qiang, XIAO Dai-quan, LI Bao-yin, et al. Optimization of greening engineering of Jin-Shan (Wei-Wu) freeway from Ji-Jin border to Ji-Lu border section[R]. Wuhan:Huazhong University of Science and Technology,2007. (in Chinese)

[12] 殷海峰,白征东,程伯辉. 缓和曲线坐标计算新法[J]. 测绘科学,2009,34(5):238-240.  
YIN Hai-feng, BAI Zheng-dong, CHENG Bo-hui. New method of spiral curve coordinates calculation [J]. Science of Surveying and Mapping,2009,34(5):238-240. (in Chinese)

[13] 张 驰,杨少伟,赵一飞,等. 公路三维视距的检验方法[J]. 长安大学学报:自然科学版,2009,29(3):54-57.  
ZHANG Chi, YANG Shao-wei, ZHAO Yi-fei, et al. Methods of three-dimensional sight distance inspection for highway[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition,2009,29(3):54-57. (in Chinese)