

文章编号:1671-1637(2013)02-0086-06

## 凹形竖曲线路段防眩板高度计算方法

吴 焱<sup>1,2</sup>, 王建军<sup>2</sup>, 曹广斌<sup>2</sup>, 梁国华<sup>2</sup>

(1. 长安大学 建筑学院, 陕西 西安 710064; 2. 长安大学 公路学院, 陕西 西安 710064)

**摘 要:**分析了平直路段和凹形竖曲线路段眩光、驾驶人视线与防眩板高度的关系,考虑凹形竖曲线路段半径、汽车前照灯高度、驾驶人视线高度、路段横断面结构和中央分隔带宽度等参数,提出了凹形竖曲线路段防眩板高度计算方法。以京化高速公路防眩板设计高度为例进行实例验证,并将计算结果与《公路交通安全设施设计细则》(JTG/T D81—2006)规定的计算结果进行对比。研究表明:当汽车前照灯的灯距为120 m,凹形竖曲线路段半径在12 000~32 000 m时,按照现有规范,防眩板设计高度为1.712 m,按照提出的方法,防眩板最小设计高度为1.720 m,防眩板最大设计高度为1.800 m。

**关键词:**交通安全设施;凹形竖曲线路段;眩光;驾驶人视线;汽车前照灯运动轨迹;防眩板

**中图分类号:**U491.59

**文献标志码:**A

### Calculation method of anti-glare plate height on concave vertical curve section

WU Yan<sup>1,2</sup>, WANG Jian-jun<sup>2</sup>, CAO Guang-bin<sup>2</sup>, LIANG Guo-hua<sup>2</sup>

(1. School of Architecture, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China; 2. School of Highway, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China)

**Abstract:** The relationships among glare, driver sight and anti-glare plate height on straight section and concave vertical curve section were analyzed. The parameters such as the radius of concave vertical curve section, car headlamp height, driver sight height, cross-section structure and medial divider width were considered, and the calculation method of anti-glare plate height on concave vertical curve section was put out. The design height of anti-glare plate on Jinghua Expressway was taken as a case, the example verification was carried out, and the calculation results of the proposed method and *Guidelines for Design of Highway Safety Facilities* (JTG/T D81—2006) were compared. Research result shows that when the lamp distance of car headlamp is 120 m and the radius of concave vertical curve section is 12 000~32 000 m, the design height of anti-glare plate is 1.712 m by using the existing specification. By using the proposed method, the minimum design height of anti-glare plate is 1.720 m and the maximum design height of anti-glare plate is 1.800 m. 2 tabs, 3 figs, 15 refs.

**Key words:** traffic safety facility; concave vertical curve section; glare; driver sight; car headlamp movement trajectory; anti-glare plate

**Author resumes:** WU Yan(1983-), female, lecturer, doctoral student, +86-29-82334850, candycandy1212@163.com; WANG Jian-jun(1970-), male, professor, PhD, +86-29-82334850, wjjun16@163.com.

收稿日期:2012-09-20

基金项目:国家自然科学基金项目(51208053);中央高校基本科研业务费专项资金项目(CHD2011JC030)

作者简介:吴 焱(1983-),女,山东临沂人,长安大学讲师,工学博士研究生,从事道路交通规划与城市规划研究。

导师简介:王建军(1970-),男,陕西咸阳人,长安大学教授,工学博士。

## 0 引言

所谓眩光是指视野里的极高亮度物体或强烈亮度对比,眩光易使驾驶人暂时性失明,影响正常驾驶,最终导致交通事故<sup>[1]</sup>。驾驶人在行车中由于受到眩光的干扰,所获得的视觉信息质量显著降低,而防眩设施的作用就是遮挡对向车前大灯产生的眩光,避免驾驶人的眩目。

目前,国外有关防眩设施的研究大多是分析眩光对交通安全的影响,并由此指出防眩设施设置对于道路交通安全的必要性。Fernandes 通过分析眩光产生的原因与眩光对道路行车安全的不良影响,得出设置防眩设施是解决高速公路上汽车前照灯眩光问题的重要方法<sup>[2]</sup>;Gray 等通过分析眩光对驾驶人的视觉影响机理,提出通过佩戴带有过滤眩光的眼镜来减轻眩光对驾驶人的影响<sup>[3]</sup>;Hammond 等研究了影响视觉功能的失能眩光,得出防眩设施可以有效防止对向车前照灯对驾驶人的眩目,改善高速公路夜间的行车环境<sup>[4]</sup>;Wang 等研究了凹形竖曲线的线形特征,为研究凹形竖曲线上防眩设施高度奠定了理论基础<sup>[5]</sup>;Mok 等研究了道路周边交通安全设施,提出在不同的道路线形条件下,防眩设施应采用不同的高度<sup>[6]</sup>;肖代全等通过分析不同线形路段的绿化防眩原理,在不同横断面结构、平竖曲线半径和车型组成的应用环境中,研究防眩关键控制指标的计算方法,并给出各约束条件下的株距与种植高度建议值<sup>[7-8]</sup>;袁黎等分析了中央分隔带绿化防眩效果的影响因素,研究了高速公路绿化的评价指标体系<sup>[9]</sup>;唐强等研究了高速公路中央分隔带绿化的设计和防眩原理,得出了影响防眩效果的植株间距和植株高度计算式,并分析了平曲线路段与平直路段防眩株距计算公式的差异以及凹形竖曲线路段与平直路段防眩高度计算公式的差异<sup>[10]</sup>。

防眩板是一种经济美观、对风阻挡小、积雪少、对驾驶人心理影响小的防眩设施,而目前已有防眩设施的研究大多集中在绿化植株高度与间距计算。相对于平直路段而言,在凹形竖曲线路段,当车辆行驶至最低处时,对向处于高处的车辆车灯强烈照射,光线高度会超过凹面路段最低处防眩板高度,导致防眩板不能满足安全需求,因而宜根据凹曲线的半径、前后纵坡度和中央分隔带的宽度等因素<sup>[11-12]</sup>,确定凹形竖曲线路段各个位置防眩板的合理高度,使其能够在最不利情况下阻挡对向车辆前照灯光线,从而提高行车安全。

本文分析了不同道路线形条件对防眩板高度的影响,依据道路竖曲线上汽车前照灯运动轨迹与驾驶人视线移动轨迹在道路纵断面上的投影曲线,建立凹形竖曲线路段防眩板高度的求解公式,确定起伏路面各个位置防眩板合理高度。

## 1 不同平面线形防眩板高度

防眩板高度与汽车前照灯高度、驾驶人视线高度、前照灯的最小几何可见角以及配光性能等因素有关,同时,防眩板高度还受到道路线形的限定。当汽车前照灯的照距取  $L$  时,不同道路线形条件下眩光、驾驶人视线与防眩板高度的关系见图 1。在平坦无横坡的直线路段上,防眩板最低高度可按驾驶人恰好看不到对向车前照灯这一几何关系进行计算,见图 1(a);在竖曲线路段上,相对平直线段而言,驾驶人可以从较高的角度看到对向车前照灯的眩光,防眩板最低高度见图 1(b);在平坦带有恒定坡度的路段上,防眩板高度计算问题与平直线段一致,防眩板最低高度分别见图 1(c)、(d);在曲率较小的缓和路段上,由于道路纵断面缓和曲线半径较大,曲率、超高和离心加速度连续变化,行车比较平稳,行车视距比较充分,可近似当作直线路段处理,防眩板最低高度分别见图 1(e)、(f)。

在《公路交通安全设施设计细则》(JTG/T D81—2006)中,直线路段防眩板的高度  $H$  为

$$H = h_1 + (h_2 - h_1)B_1 / (B_1 + B_2) \quad (1)$$

$$B = B_1 + B_2 \quad (2)$$

式中: $h_1$  为汽车前照灯高度; $h_2$  为驾驶人视线高度; $B_1$ 、 $B_2$  分别为当前车道与对向车道车辆距防眩板中心线的距离; $B$  为两侧车辆距防眩板设置中心线的距离之和。

驾驶人视线高度和汽车前照灯的高度值见表 1,防眩板设置高度见图 2, $\alpha$  与  $\beta$  分别为防眩板偏转角与防眩遮光角。

表 1 驾驶人视线高度和汽车前照灯高度

Tab. 1 Driver sight heights and car headlamp heights

车型	前照灯高度/m	视线高度/m
大型车辆	1.00	2.00
小型车辆	0.80	1.30

## 2 凹形竖曲线路段防眩板高度计算假设

### 2.1 道路竖曲线路段线形假设

在道路纵坡转折点常设置竖曲线,将相邻的直线段平滑地连接起来,以使行车比较平稳,避免车辆

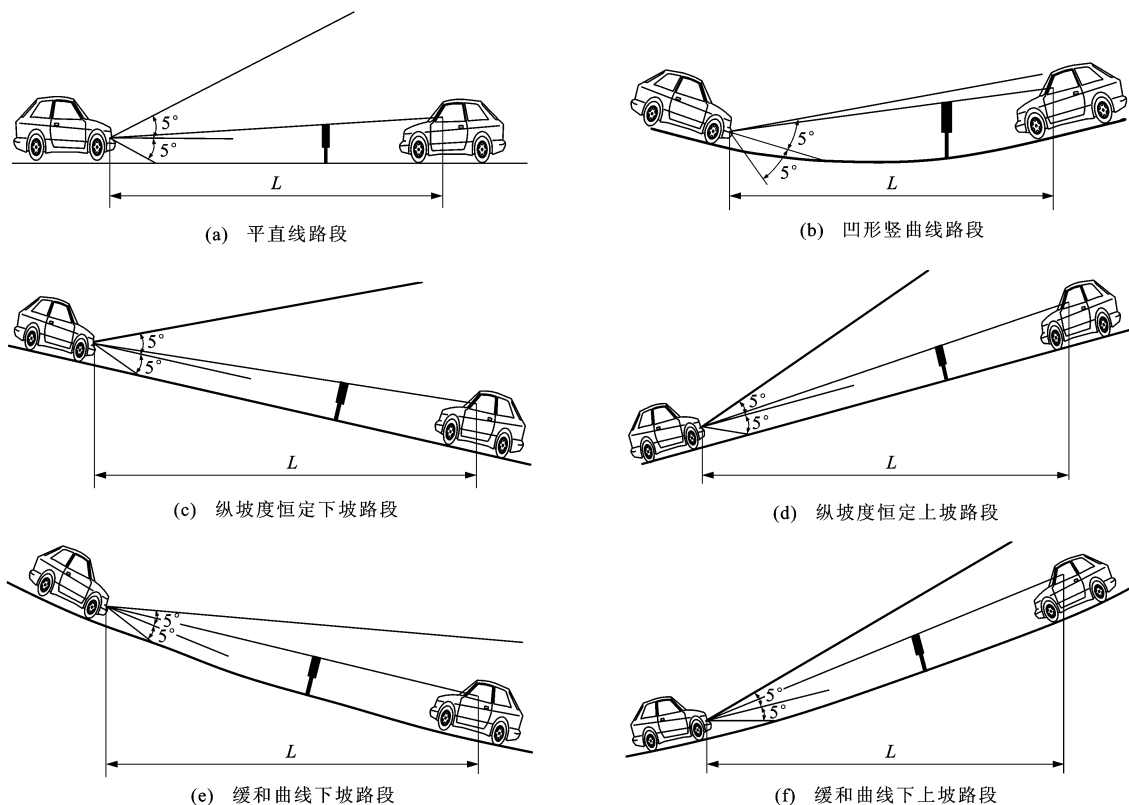


图 1 不同线形条件下防眩板高度

Fig. 1 Anti-glare plate heights under different alignment conditions

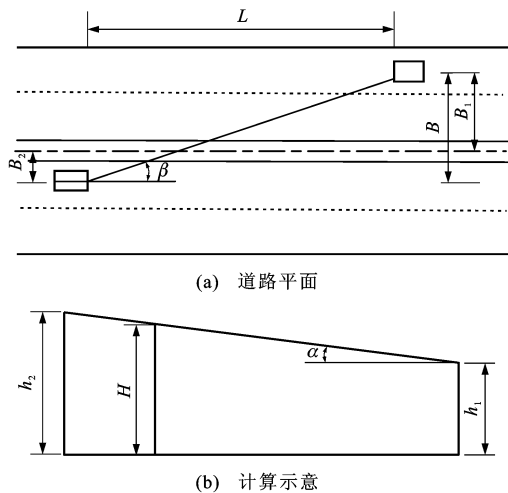


图 2 防眩板设置高度

Fig. 2 Setting height of anti-glare plate

颠簸,并满足驾驶人的视线要求。道路竖曲线通常采用抛物线和圆曲线 2 种形式<sup>[13]</sup>,为了简化计算,假设道路竖曲线为圆曲线。

圆曲线指的是道路平面走向改变方向或竖向改变坡度时所设置的连接两相邻直线段的圆弧形曲线,是一种比较简单、使用较多的线形。圆曲线设置容易,可以自然调整路线的前进方向,以适应地形的变化,还能引起驾驶人的注意,促使其自然紧握方向

盘,而且还可以从正面看到路侧的景观,起到诱导视线的作<sup>[14]</sup>。在圆曲线路段上,汽车前照灯的运动轨迹与驾驶人视线的移动轨迹在道路纵断面上的投影曲线为一组同心圆。在道路纵断面上建立适当坐标系,根据投影原理得到各点位纵坐标,进而在凹形竖曲线路段应用直线路段防眩板高度计算方法得到各点满足防眩要求的防眩板高度纵坐标,通过与同位置点道路纵断面坐标进行比较得到合理的防眩板高度。

## 2.2 凹形竖曲线路段计算假设

假设条件 1 为在凹形竖曲线路段上,驾驶人视线始终在与其对应的眩光源(汽车前照灯)照射范围之内。根据《公路工程技术标准》(JTG B01—2003),设计速度为  $100 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  的道路,最大纵坡  $i_{\max}$  为 4%,所以圆曲线对应的弧心角  $\alpha_1$  为

$$\alpha_1 \leq 2\arctan(i_{\max}) \quad (3)$$

驾驶人视角范围上下左右均为  $5^\circ$ ,汽车前照灯照射角范围上下为  $5^\circ$ ,左右为  $9^\circ$ 。在凹形竖曲线路段上,驾驶人视线和汽车前照灯中轴线在纵断面上最大夹角小于  $5^\circ$ ,而圆曲线所对应的弧心角  $\alpha_1$  不大于  $4.6^\circ$ ,所以在汽车前照灯照距  $L$  范围内,驾驶人总是在眩光影响区内。

假设条件2为前照灯照距 $L$ 沿水平方向的投影长度 $L_1$ 与照距 $L$ 近似相等。从汽车前照灯的功能来看,它主要用于夜间、阴暗、雨雾天气的照明,夜间汽车前照灯应具有使驾驶人看清前方120 m距离以内交通障碍物的性能,因此,为了安全起见,汽车前照灯的照距取120 m<sup>[15]</sup>,即感受到眩光影响的纵距为120 m。在最大纵坡条件下,照距 $L$ 沿水平方向的最小投影长度为 $L_{1\min}$ ,则有

$$L_{1\min} = L \cos[\arctan(i_{\max})] \quad (4)$$

$$L_1 = L$$

### 3 凹形竖曲线路段防眩板高度计算方法

#### 3.1 凹形竖曲线路段防眩板高度计算

假设路段纵断面曲线半径为 $R$ ,汽车前照灯运动轨迹曲线半径为 $R_1$ ,驾驶人视线移动轨迹曲线半径为 $R_2$ , $O_1$ 为曲线半径 $R$ 、 $R_1$ 、 $R_2$ 所对应的圆心。在道路纵断面上以圆曲线弧顶 $O$ 为原点建立直角坐标系, $x$ 为水平轴, $y$ 为纵轴,对任意汽车前照灯位置点 $A(x_1, y_1)$ ,其所对应的受眩光影响的驾驶人最远视点为 $C(x_2, y_2)$ ,与点 $A$ 和点 $C$ 相应的防眩板位置点为 $D(x_3, y_3)$ ,见图3。点 $A$ 、 $C$ 、 $D$ 的横坐标位置关系为

$$x_2 = x_1 + 120 \quad (5)$$

$$x_3 = x_1 + \frac{120B_1}{B} \quad (6)$$

路段纵断面曲线方程为

$$x^2 + (y - R)^2 = R^2 \quad (7)$$

汽车前照灯运动轨迹在道路纵断面上的投影曲线方程为

$$x_1^2 + (y_1 - R)^2 = R_1^2 \quad (8)$$

$$R_1 = R - h_1 \quad (9)$$

驾驶人视线移动轨迹在道路纵断面上的投影曲

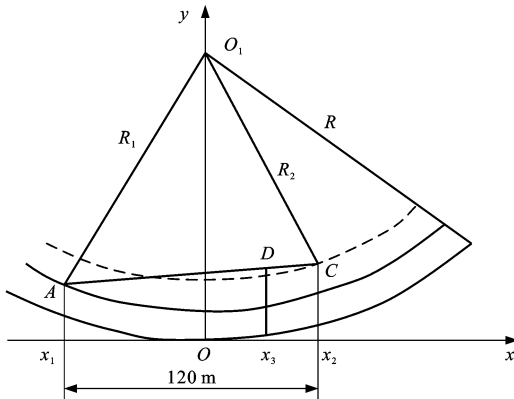


图3 凹形竖曲线路段防眩板高度

Fig. 3 Anti-glare plate height on concave vertical curve section

线方程为

$$x_2^2 + (y_2 - R)^2 = R^2 \quad (10)$$

$$R_2 = R - h_2 \quad (11)$$

点 $D$ 处满足防眩功能要求的防眩板纵坐标为

$$y_3 = y_1 + (y_2 - y_1)B_1/B \quad (12)$$

$$y_1 = R - \sqrt{R_1^2 - x_1^2} \quad (13)$$

$$y_2 = R - \sqrt{R_2^2 - x_2^2} =$$

$$R - \sqrt{R_2^2 - (x_1 + 120)^2} \quad (14)$$

将式(5)、(13)、(14)代入式(12),则有

$$y_3 = R - \sqrt{(R - h_1)^2 - x_1^2} + \left[ \sqrt{(R - h_1)^2 - x_1^2} - \sqrt{(R - h_2)^2 - (x_1 + 120)^2} \right] B_1/B \quad (15)$$

综上可得,凹形竖曲线上任意点 $D(x_3, y_3)$ 满足防眩功能要求的防眩板高度 $H_1$ 为

$$H_1 = y_3 - y = \sqrt{R^2 - x_3^2} - \sqrt{(R - h_1)^2 - x_1^2} + \left[ \sqrt{(R - h_1)^2 - x_1^2} - \sqrt{(R - h_2)^2 - (x_1 + 120)^2} \right] B_1/B \quad (16)$$

将式(6)代入式(16),则有

$$H_1 = \sqrt{R^2 - x_3^2} - \sqrt{(R - h_1)^2 - \left( x_3 - \frac{120B_1}{B} \right)^2} + \left[ \sqrt{(R - h_1)^2 - \left( x_3 - \frac{120B_1}{B} \right)^2} - \sqrt{(R - h_2)^2 - \left( x_3 + 120 - \frac{120B_1}{B} \right)^2} \right] B_1/B \quad (17)$$

#### 3.2 凹形竖曲线路段防眩板高度修正值计算

式(17)是以汽车前照灯为基准,沿道路一侧跟随汽车前照灯前进方向计算得到的防眩板高度。显然,式(17)所得防眩板高度曲线为非对称曲线,考虑道路两侧通行的对称性,合理的防眩板高度在道路纵断面上应为对称曲线。在实际设置防眩设施过程中,应结合式(17)对比弧顶两侧同等距离处的防眩高度,取其较大值。在上述计算假设与推导过程的基础上,考虑一般性,分析凹形竖曲线路段上距离弧顶的水平距离为 $d$ 处的合理防眩高度。

在所建坐标系下,道路纵断面曲线距离凹形竖曲线弧顶水平距离为 $d$ 的点有2个,即 $D_1(-d, y_3)$ 与 $D_2(d, y_3)$ 。

在点 $D_1$ 处,由式(17)得满足防眩功能要求的防眩板高度为

$$H_2 = \sqrt{R^2 - d^2} - \sqrt{(R - h_1)^2 - \left( d + \frac{120B_1}{B} \right)^2} +$$

$$\left[ \sqrt{(R-h_1)^2 - \left(d + \frac{120B_1}{B}\right)^2} - \sqrt{(R-h_2)^2 - \left(120 - d - \frac{120B_1}{B}\right)^2} \right] B_1/B \quad (18)$$

在点  $D_2$  处,满足防眩功能要求的防眩板高度为

$$H_3 = \sqrt{R^2 - d^2} - \sqrt{(R-h_1)^2 - \left(d - \frac{120B_1}{B}\right)^2} + \left[ \sqrt{(R-h_1)^2 - \left(d - \frac{120B_1}{B}\right)^2} - \sqrt{(R-h_2)^2 - \left(120 + d - \frac{120B_1}{B}\right)^2} \right] B_1/B \quad (19)$$

由于  $H_2 > H_3$ ,故距离凹形圆曲线弧顶水平距离为  $d$  处,满足防眩功能要求的防眩板高度应取  $H_2$ 。

以上分析可以看出,凹形竖曲线路段满足防眩功能要求的防眩板高度与凹形竖曲线路段半径、距离变坡点的距离、汽车前照灯高度、驾驶人视线高度和道路横断面结构等参数有关。另外,在设计过程中,防眩设施的连接应注意高度的平滑过渡,防眩高度采用推荐防眩高度沿变坡点左右各 120 m 长度范围内连续设置。

#### 4 计算结果分析

以京化高速公路二期交通安全设施设计为例,按照现有规范,原设计防眩板高度全线采用统一值 1.712 m,该设计防眩高度在直线路段尚能满足防眩功能要求,但在凹形竖曲线路段驾驶人有可能从较高的角度看到对向车前照灯的眩光,因此,需要结合凹形竖曲线路段的曲线半径和前后纵坡度的大小,对防眩板高度进行调整。

根据京化高速公路的功能定位,道路运营后的通行车辆主要为大货车,这对防眩设施的高度提出了特殊要求,因此,在防眩高度计算过程中,汽车前照灯高度  $h_1$  和驾驶人视线高度  $h_2$  应取大型车标准(即  $h_1$  为 1 m,  $h_2$  为 2 m)以保证防眩功能的正常发挥。京化高速公路施工图设计中路基横断面设计参数中,中央分隔带宽为 2 m,行车道为  $3 \times 3.75$  m,左侧路缘带为 0.75 m,右侧硬路肩为 3.00 m(含路缘带 0.75 m),右侧土路肩宽为 0.75 m。为满足防眩要求,需要选用最大的防眩板设置高度,可以同时满足所有车道组合对防眩高度的要求。选用图 2 中车道组合确定的  $B_1$  和  $B$  来计算,则防眩板的设置高度  $B_1$  为 7.375 m,  $B$  为 11.000 m。

根据本文防眩板高度计算方法计算京化高速公

路凹形竖曲线路段变坡点处防眩板的高度,并以此为依据调整凹形竖曲线路段防眩板高度。具体计算结果和调整情况见表 2。

表 2 防眩板高度计算结果

Tab. 2 Calculation results of anti-glare plate heights

序号	变坡点 桩号	凹形竖曲 线半径/m	原设计防眩 板高度/m	计算防眩板 高度/m	推荐防眩板 高度/m
1	K0+430.000	18 400	1.712	1.750	1.750
2	K1+230.000	28 307	1.712	1.720	1.720
3	K2+450.000	12 000	1.712	1.800	1.800
4	K4+127.105	12 000	1.712	1.800	1.800
5	K5+887.600	25 000	1.712	1.730	1.730
6	K6+987.600	20 000	1.712	1.750	1.750
7	K7+987.600	12 000	1.712	1.800	1.800
8	K11+205.402	25 000	1.712	1.730	1.730
9	K13+677.600	25 000	1.712	1.730	1.730
10	K14+227.600	20 000	1.712	1.750	1.750
11	K15+657.600	25 000	1.712	1.730	1.730
12	K17+817.600	12 000	1.712	1.800	1.800
13	K18+817.600	18 000	1.712	1.750	1.750
14	K19+767.600	13 500	1.712	1.780	1.780
15	K24+117.600	20 000	1.712	1.750	1.750
16	K25+367.600	20 000	1.712	1.750	1.750
17	K26+217.600	15 000	1.712	1.770	1.770
18	K27+917.600	20 000	1.712	1.750	1.750
19	K29+368.215	16 000	1.712	1.760	1.760
20	K31+212.030	25 000	1.712	1.730	1.730
21	K33+597.600	32 000	1.712	1.720	1.720
22	K41+297.600	30 000	1.712	1.720	1.720
23	K43+497.600	25 000	1.712	1.730	1.730
24	K45+017.600	13 913	1.712	1.780	1.780
25	K45+567.600	30 000	1.712	1.720	1.720
26	K53+237.600	17 000	1.712	1.760	1.760
27	K56+497.600	18 545	1.712	1.750	1.750
28	K57+617.600	17 126	1.712	1.760	1.760

通过表 2 可知,凹形竖曲线路段满足防眩功能要求的理论最小防眩高度在 1.720~1.800 m 之间,因此,相对平直路段,凹形竖曲线路段防眩板高度应增加 0.008~0.088 m,此结果满足规范要求。

#### 5 结 语

本文通过凹形竖曲线路段线形与驾驶人视线关系分析,依据道路竖曲线、汽车前照灯运动轨迹、驾

驶人视线移动轨迹,构建凹形竖曲线路段防眩板高度计算公式,研究得出如下结论。

(1)凹形竖曲线防眩板高度与凹形竖曲线半径、距离变坡点的距离、汽车前照灯高度、驾驶人视线高度、道路横断面结构和中央分隔带宽度等有关。

(2)平直路段与凹形竖曲线路段的防眩板高度不同,需要根据具体应用环境按照防眩功能的要求调整防眩设施高度。

(3)结合本文凹形竖曲线路段防眩板高度计算公式,对京化高速公路二期凹形竖曲线路段防眩板高度进行调整,与平直路段相比,凹形竖曲线路段防眩板高度应增加 0.008~0.088 m。

## 参考文献:

## References:

- [1] MAINSTER M A, TURNER P L. Glare's causes, consequences and clinical challenges after a century of ophthalmic study[J]. American Journal of Ophthalmology, 2012, 153(4): 587-593.
- [2] FERNANDES L C. Absorptive and tinted contact lens for reduction of glare[J]. International Congress Series, 2005(1282): 534-538.
- [3] GRAY R, HILL W, NEUMAN B, et al. Effects of a blue light-filtering intraocular lens on driving safety in glare conditions[J]. Journal of Cataract and Refractive Surgery, 2012, 38(5): 816-822.
- [4] HAMMOND B R, FLETCHER L M, ELLIOTT J G. Glare disability, photostress recovery, and chromatic contrast: relation to macular pigment and serum lutein and zeaxanthin[J]. Investigative Ophthalmology and Visual Science, 2013, 54(1): 476-481.
- [5] WANG Fu-jian, EASA S M. Validation of perspective-view concept for estimating road horizontal curvature[J]. Journal of Transportation Engineering, 2009, 135(2): 74-80.
- [6] MOK J H, LANDPHAIR H C, HADERI J R. Landscape improvement impacts on roadside safety in Texas[J]. Landscape and Urban Planning, 2006, 78(3): 263-274.
- [7] 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)
- [8] 肖代全,马荣国,李铁强. 高等级公路中央分隔带绿化植物的防眩效果[J]. 西南交通大学学报, 2010, 45(3): 470-475.  
XIAO Dai-quan, MA Rong-guo, LI Tie-qiang. Anti-glare effect of median green belt on high-grade highway[J]. Journal of Southwest Jiaotong University, 2010, 45(3): 470-475. (in Chinese)
- [9] 袁黎,陆键,朱雷雷,等. 高速公路绿化评价指标体系及评价方法研究[J]. 公路交通科技, 2007, 24(3): 150-153.  
YUAN Li, LU Jian, ZHU Lei-lei, et al. Research on the indexes and evaluation method of expressway green landscape[J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2007, 24(3): 150-153. (in Chinese)
- [10] 唐强,薛志杰,石平,等. 高速公路中央分隔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)
- [11] YANG Chun-feng, XIAO Jin-lin, SUN Ji-shu. The study of the highway glare plate height under mixed traffic[J]. Applied Mechanics and Materials, 2012, 193/194: 1017-1020.
- [12] PARK Y J, SACCOMANNO F F. Evaluating speed consistency between successive elements of a two lane rural highway[J]. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 2006, 40(5): 375-385.
- [13] 慕慧,杨少伟. 公路弯坡路段线形设计[J]. 长安大学学报: 自然科学版, 2007, 27(2): 26-29.  
MU Hui, YANG Shao-wei. Alignment design of curved section of highway[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2007, 27(2): 26-29. (in Chinese)
- [14] 杨少伟,石飞荣,潘兵宏,等. 可能速度及其在公路线形设计中的应用[J]. 长安大学学报: 自然科学版, 2004, 24(3): 1-4.  
YANG Shao-wei, SHI Fei-rong, PAN Bing-hong, et al. Application of possible velocity in design for highway alignment[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2004, 24(3): 1-4. (in Chinese)
- [15] 汪洲燕. 汽车前照灯在线调整检测系统的研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2007.  
WANG Zhou-yan. Vehicle headlamp testing instrument integrated with technology[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2007. (in Chinese)