

基于驾驶员生理反应的山区二级公路线形分析及安全保障措施研究

刘安 陈春 宋明珠 王添翼

吉林建筑大学, 中国·吉林 长春 130118

摘要: 在结合前人研究的基础上, 设计了实车试验的试验流程。选取吉林省国道 303 部分线形复杂路段作为试验路段进行了实车试验, 选取心率增长率、皮电增量、肌电值作为生理评价指标对试验路段圆曲线半径进行分析, 建立各生理指标与圆曲线半径之间的相关模型, 通过分析表明了圆曲线半径与驾驶员生理指标的关系。对生理数据进行分析, 得到具体的风险路段。最后挑选出两个典型的平曲线路段进行了线形层面的优化, 提高了道路线形的安全性。
关键词: 实车试验; 驾驶人; 生理指标

Research on Linear Analysis and Safety Assurance Measures of Mountainous Secondary Highways Based on Driver Physiological Responses

Liu An, Chen Chun, Song Mingzhu, Wang Tianyi

Jilin University of Architecture, China Jilin Changchun 130118

Abstract: Based on previous studies, the test process of the real vehicle test was designed. A part of the complex linear section of National Highway 303 in Jilin Province was selected as the test section for the real vehicle test. Heart rate growth rate, skin conductance increment, and electromyography value were selected as physiological evaluation indicators to analyze the radius of the circular curve of the test section. The correlation models between each physiological indicator and the radius of the circular curve were established. The analysis showed the relationship between the radius of the circular curve and the physiological indicators of the driver. The physiological data were analyzed to obtain specific risk sections. Finally, two typical planar and curved road sections were selected for linear optimization to improve the safety of the road linear shape.

Keywords: Real vehicle test; Driver; Physiological indicators

0 引言

近年来, 国内外学者对道路安全保障设施进行了大量的研究。苏冬兰^[1]针对高原农村公路现状, 提出了适用于高原农村道路的安全保障设施。秦雅琴等^[2]分析了山区低等级公路上不同交通安全保障设施的组合效应, 确定了对提高道路交通安全效用最大的组合方案。通过把道路交通系统中各个部分视为整体, 得到了适用于低等级公路的安全保障设施的选择与设置方法^[3,4,5]。山区二级公路初期在修建时往往只是考虑其自身的交通出行作用, 道路安全保障设施的投入比较低。

综上所述, 本研究通过实车实验方式获取驾驶员的生理数据并分析, 研究圆曲线半径对驾驶员的影响。

1 实车试验

本研究采用 Biopac 生理仪、专业行车记录仪以及生理数据采集软件 AcqKnowledge 5.0 为主要实验装置。Biopac

生理仪在人体生命科学和人体病因的研究中得到了广泛的应用。该仪器的优点是在大多数情况下, 都能可靠地传输数据。本试验所使用的生理仪放大器模块为心电模块、肌电模块以及皮电模块。

1.1 试验路段

本试验选取路段为国道 303 的集安至五女峰隧道出口路段, 试验路段具体的圆曲线半径分布如表 1 所示。

表 1 试验路段圆曲线半径分布情况

$R \leq 100\text{m}$	100m $<R \leq 200\text{m}$	200m $<R \leq 400\text{m}$	400m $<R \leq 700\text{m}$	$R > 700\text{m}$
16个	41个	29个	10个	3个

1.2 试验人员选择

选择 18-60 岁、驾龄在 3 年以上的男性驾驶员作为研究对象。参加实验的所有司机全都身体健康, 要求司机在进行实验的前一天和当天避免喝酒或服用药物。

1.3 试验流程

实验时间选择在晴朗的白天, 驾驶人在实验路面上来回匀速行驶一次, 利用生理记录仪采集驾驶人在驾驶时的心电数据、脑电数据和肌电数据, 通过行车记录仪将驾驶人在行驶中所面临的路况信息进行记录, 并在每一次测试后将数据进行实时存储。

试验采集心率增长率、皮电增量及肌电值, 并通过软件对生理数据进行处理。

2 基于生理反应的圆曲线安全性分析

根据实验数据分析驾驶员在圆曲线半径小于 200m 路段上心率增长率、皮电增量以及肌电值与圆曲线半径之间的关系。

心率增长率与圆曲线半径之间的关系如图 1 所示。

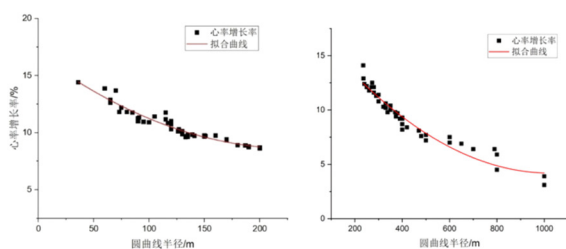


图1 心率增长率与圆曲线半径之间的关系

根据图 1 可知, 在圆曲线半径小于 200m 时, 圆曲线半径越大心率增长率减小。拟合出二者的数学模型表达式为:

$$N=16.792-7.1 \times 10^{-2} R+1.85 R^2 \quad (1)$$

其中: N 为心率增长率, %; R 为圆曲线半径, /m。

相关系数为 0.92, 可以较好的反映出心率增长率与圆曲线半径之间的相关性关系。

由图 1 可知, 当实验路段圆曲线半径大于 200m 时, 驾驶员的心率增长率与圆曲线半径之间的关系为随着圆曲线半径的增大而减小。

当圆曲线半径大于 200m 时, 驾驶员心率增长率与圆曲线半径之间的拟合曲线为:

$$N=21.96-0.035 R+2.233 R^2 \quad (2)$$

相关系数为 0.91, 能够较好的反映出当圆曲线半径大于 200m 时, 心率增长率与圆曲线半径之间的关系。

在圆曲线半径低于 200m 的时, 随着圆曲线半径的增加, 心率增长速度逐渐降低, 此时心率变化率较小且主要集中在 10% 以内。在圆曲线半径高于 200m 时, 驾驶员的心率变化率随圆曲线半径的增加而降低, 但在圆形半径为 200m-300m 时, 其心率增长速率发生了与预期不符的变化, 这说明驾驶员在驾驶过程中会感受到更大的心理压力。

皮电增量与圆曲线半径之间的关系如图 3-2 所示。

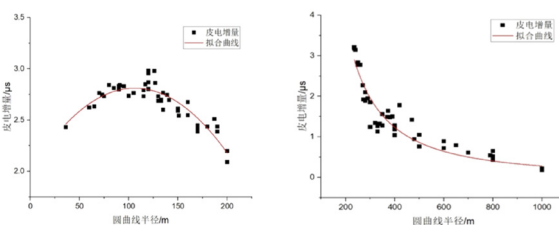


图 2 皮电增量与圆曲线半径之间的关系

根据图 2 可知, 当圆曲线半径低于 200m 时, 圆曲线半径 (R) 与皮电增量 (S) 的拟合曲线的表达式为:

$$S=2.11+1.52 \times 10^{-2} R-7.83 \times 10^{-5} R^2 \quad (3)$$

其中: S 为皮电增量, μs ; R —圆曲线半径, m。

相关系数为 0.80。能够反映皮电增量与圆曲线半径之间的相关性关系。

在圆曲线半径低于 110m 的情况下, 驾驶员的皮电增量随圆曲线半径的增加而增加。当行驶在半径为 110m 以下的平坦道路上, 驾驶员的神经紧张度会逐步增加。在圆曲线半径大高于 110m 的范围内, 随着圆曲线半径的增加, 驾驶员的皮电幅值逐渐降低, 这表明驾驶人的神经紧张状态在减弱。

根据图 3-2 (右) 可知, 当圆曲线半径高于 200m 时, 皮电增量与圆曲线半径之间的拟合曲线的表达式为:

$$S=7726.19 R^{-1.54} \quad (4)$$

相关性系数为 0.87, 能够反映出二者之间存在的相关性关系。

在圆曲线半径高于 200m 时, 驾驶员的皮电幅值随其半径的增加而降低。研究发现驾驶员行驶在圆曲线半径为 200m-300m 的区间时, 部分路段驾驶员皮电增量比行驶在圆曲线半径为 200m 以下时更高, 同时行驶在圆曲线半径 200m-300m 的区间时, 司机皮电增量会有异常增加。

驾驶员肌电值与圆曲线半径之间的关系如图 3 所示。

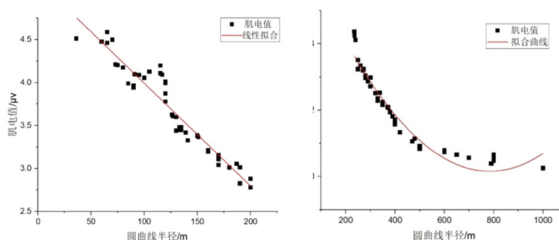


图 3 肌电值与圆曲线半径之间的关系

根据图 3 可知, 当圆曲线半径低于 200m 时, 肌电值与圆曲线半径之间的拟合曲线的表达式为:

$$M=5.1884-0.6537 R \quad (5)$$

其中: M 为肌电值, μv 。 R 为圆曲线半径, m 。

相关性系数为 0.92, 能够反映出两者之间存在的相关性关系。

根据图 3 可知, 当圆曲线半径高于 200m 时, 肌电值与圆曲线半径之间的拟合曲线的表达式为:

$$M=7.54-0.018 R+10.5 R \times 10^{-4} R^2 \quad (6)$$

相关性系数为 0.90, 能够反映出肌电值与圆曲线半径之间的相关性关系。

在圆曲线半径高于 200m 时, 随着圆曲线半径的增加, 驾驶员的肌电信号逐渐降低。对比低于圆曲线半径 200m 下驾驶员对应的肌电信号, 发现圆曲线半径在 200m-300m 范围内时, 驾驶员的肌电值和放电的有效值会发生不正常的波动。在此区域, 肌电信号的异常波动不一定是由径向间隔引起, 而是由平曲线的半径组合所决定。

3 结语

在圆曲线路段, 圆曲线半径越大, 心率增长速度越快, 交感神经参数越低; 在半径不超过 200m 的情况下, 驾驶员的皮电幅值随圆曲线半径的增加呈先增加后降低的变化趋势; 在圆曲线半径超过 200m 以后, 皮电增量随圆曲线半径的增加而降低; 驾驶员的肌电信号随圆曲线半径的增加呈下降趋势。

通过本项目的研究成果, 有针对性地开展季冻山区次级公路的线形安全问题研究, 找出存在问题的路段, 提出

改进措施, 提升公路安全水平。

参考文献:

[1] 苏东兰. 高原山区农村公路安全评价及交通安保技术研究[D]. 长安大学, 2011.

[2] 秦雅琴, 李国鑫, 赵仕林等. 基于驾驶模拟试验的山区公路交通安全设施组合效用研究[J]. 安全与环境学报, 2023,23(10):3398-3408.

[3] Dell' Acqua G, De Luca M, Giacomo Prato C, et al. The impact of vehicle movement on exploitation parameters of roads and runways: a short review of the special issue[J]. Transport, 2016, 31(2): 127-132.

[4] Jørgensen F, Wentzel-Larsen T. Optimal use of warning signs in traffic[J]. Accident Analysis & Prevention, 1999, 31(6):729-738.

[5] Batishcheva O, Ganichev A. Measures to improve traffic safety at road junctions[J]. Transportation research proceedings, 2018, 36: 37-43.

基金项目: 吉林省教育厅科研项目, 基于实车实验采集驾驶员生理数据的山区二级公路安全保障研究 JJKH20250997KJ。

作者简介: 刘安 (2002.03-), 男, 汉族, 安徽安庆人, 在读研究生, 吉林建筑大学, 研究方向: 交通运输。