

显示屏对驾驶员视觉安全影响的改善研究

李永福, 张晓琳

(比亚迪汽车工业有限公司, 广东 深圳 518118)

摘要:基于光学原理,对显示屏反光炫目、反光成像和视觉对比度不合适三个典型视觉问题进行分析,针对性地提出规避和改善措施,从而减少对驾驶员的视觉干扰,提升驾驶员的视觉安全性。

关键词:显示屏; 光学干扰; 视觉安全

中图分类号:U463.6

文献标志码:A

DOI:10.15917/j.cnki.1006-3331.2025.01.009

Research on Improving the Influence of Display Screen on Driver's Vision Safety

LI Yongfu, ZHANG Xiaolin

(BYD Automobile Industry Co., Ltd., Shenzhen 518118, China)

Abstract:Based on optical mechanisms, this paper analyzes three typical view problems, such as reflective glare, reflective imaging, and unsuitable vision contrast. Targeted avoidance and improvement measures are proposed, which reduce the interference to driver's vision and improving driver's vision safety.

Key words:display screen; optical interference; vision safety

随着科技的进步,显示屏已成为汽车的主流配置。多数车辆已将部分操作功能集成在显示屏中^[1],而显示屏的视觉效果,直接影响驾驶员的操作,从而关系到行车安全^[2-3]。本文分析显示屏对驾驶员视觉安全的影响因素,通过仿真校核提出有效的改善措施^[4],为显示屏的布置提供依据^[5]。

1 驾驶员视觉安全常见问题

驾驶室显示屏一般集成车内监控显示,部分还集成按键控制、多媒体界面^[6],是影响驾驶员视觉安全的主要因素之一。常见的显示屏视觉问题主要有:①反光炫目,即显示屏将阳光反射到人眼,造成视觉生理反应炫目,看不清前方景物^[7-8];②反光成像,即显示屏在外后视镜/侧窗玻璃上反光成虚像,干扰驾驶员的视觉;③显示屏视觉对比度不合适,使得驾驶员看不清屏幕,不能获得有效信息。

1.1 显示屏反光炫目

反光炫目主要与光的反射及视觉感受有关。当光线照射到显示屏上时,会经过显示屏表面产生镜面

反射,进入驾驶员或乘客眼中,从而导致人眼看不清屏幕及其他目标物,造成反光炫目的现象,如图1所示。当显示屏布置不合理时,很容易产生反光炫目现象,这会干扰驾驶员正常驾驶时的视觉,增加驾驶员眼疲劳,从而影响驾驶安全。

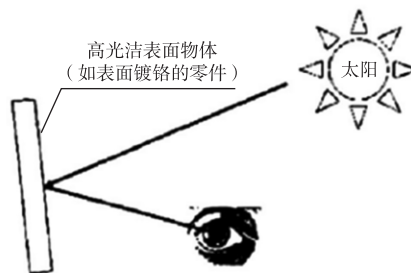


图1 反光炫目现象

1.2 显示屏反光成像

在夜间(或较暗)环境下,显示屏相当于一个光源,会在玻璃表面产生反射形成虚像。当显示屏布置位置或角度不合适时,显示屏会反射到侧窗玻璃上产生虚像并与外后视镜观察区域重合(如图2所示),影响外后视镜直接视野,干扰驾驶员透过侧窗观察外

收稿日期:2024-09-14。

第一作者:李永福(1974—),男,工程师,主要从事新能源商用车整车性能研究工作。E-mail:szlyf940713@163.com。

后视镜的视线,可能会影响行车安全。



图2 显示屏在侧窗玻璃上的反光成像并遮挡外后视镜直接视野

1.3 显示屏视觉对比度不合适

1.3.1 可读性分析

显示屏视觉对比度不合适,会造成人眼不舒适并降低目标字符的可见度,从而使得驾驶员看不清显示信息^[9]。环境光照亮度会影响显示屏的背景以及目标字符亮度,根据人机可读性标准 ISO 15008:2003,在环境光照亮度条件下,以显示屏视觉对比度作为一个量化评判参数,判断显示信息的可读性^[10]。显示屏视觉对比度 C 被定义为:

$$C = \Delta L / L_b = |L_t - L_b| / L_b$$

式中: ΔL 为亮度差值或变化量; L_t 为显示屏目标字符亮度; L_b 为显示屏背景亮度。

目标字符可读性的具体评判标准见表1。

表1 显示屏视觉对比度可读性

环境光照条件	视觉对比度 C	可读性
太阳非直射到显示屏	$0 < C < 0.67$	不可读
	$C \geq 0.67$	可读
太阳直射到显示屏	$0 < C < 0.5$	不可读
	$C \geq 0.5$	可读
夜间	$0 < C < 0.8$	不可读
	$C \geq 0.8$	可读

由表1可知,显示屏视觉对比度越大,其上的目标字符可读性就越好。

1.3.2 视觉角度分析

显示屏放置角度和驾驶员视觉角度都会影响显示屏的视觉对比度,从而影响显示信息的可读性。图3为显示屏与驾驶员人眼角度示意图,其中 L 为人眼到显示屏表面中心点的距离^[11], α 为显示屏平面中心和眼椭圆中心连线与显示屏平面的夹角, β 为显示

屏平面中心和眼椭圆中心连线与水平线的夹角。显示屏放置角度要适当,夹角 α 应尽可能在 $90^\circ \sim 100^\circ$ 范围内。若达不到以上要求,考虑到人眼在垂直方向自然转动角度为 15° ,头部在垂直方向自然转动角度为 30° ,可适当放宽要求,允许夹角 α 在 $90^\circ \sim 110^\circ$ 范围内。为便于观察,夹角 β 应尽可能在 $20^\circ \sim 30^\circ$ 范围内。

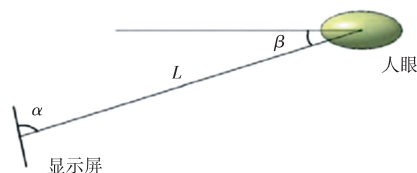


图3 显示屏与驾驶员人眼角度示意图

在视觉角度满足上述要求的情况下,再按照表1校核显示屏视觉对比度,保证显示屏的可读性。

2 视觉安全问题改善措施

2.1 显示屏反光炫目校核及改善措施

2.1.1 显示屏反光性能评价标准

为有效避免显示屏的光反射对驾驶员造成炫目,同时保证显示屏显示的信息清晰可见,可通过校核反光面占比来评价反光性能水平^[12]。反光性能评价标准见表2,如反光面占比 $\leq 20\%$,则符合要求,否则需要整改。

表2 反光性能评价标准

反光面占比/%	性能状态
0	完美
(0,5]	很好
(5,10]	好
(10,15]	较好
(15,20]	一般
(20, +∞)	不可接受

2.1.2 显示屏反光炫目校核

反光炫目属于直接反光,光线直接照射到显示屏上反射到人眼中。根据表2的反光面占比来评判反光炫目情况。

反光面占比通常采用UG中的车辆设计自动化模块校核,利用其中的光线反射工具仿真模拟光线反

射情况^[13]。首先建立眼椭圆,选取入射光线来源与反射镜面进行计算,可以计算出反光面积的占比,同时可以显示入射光线的具体位置和区域。如需关注来自侧窗玻璃的入射光线导致的显示屏反光炫目,在校核模块中,入射光线来源选择为“侧窗玻璃”,反射镜面选择为“显示屏表面”,反光炫目校核示意图如图4所示。从图4可知,反光炫目区域位于显示屏左侧边缘,同时在UG校核模块计算出反光面占比为17%,显示屏反光炫目性能一般。

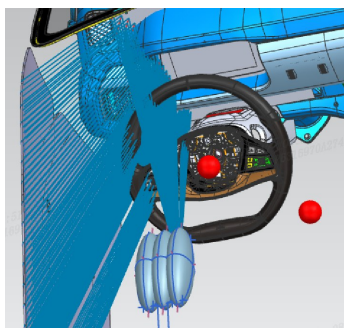


图4 反光炫目校核示意图

2.1.3 显示屏反光炫目改善措施

为进一步改善上述显示屏反光炫目,可通过调整显示屏的位置或角度进行改善。本文在UG设计模块中调整显示屏角度,分别向远离驾驶员的方向旋转 3° 和 5° ,再在UG反光校核模块中校核调整不同角度后显示屏的反光炫目情况。校核结果如图5所示,当显示屏旋转 3° 时,反光面占比调整到15%;当显示屏旋转 5° 时,反光面占比调整到14%。通过调整显示屏角度,反光区域变小,反光炫目问题有明显的改善。在改变角度后需要对显示屏视觉对比度重新校核,在满足1.3.2节要求的基础上,可采取该措施。



图5 显示屏不同角度下的反光

2.2 显示屏反光成像校核及改善措施

2.2.1 显示屏反光成像校核

显示屏反光成像问题通常在夜间发生,其在主驾

侧窗玻璃上的反光成像性能评价标准同表2,即成像区域面积不应大于20%,且在此基础上,显示屏在侧窗玻璃上的反光成像不得超过外后视镜视野区域面积的5%。

反光成像校核方法同2.1.2节,其中的反射对象选择主驾侧窗玻璃,可自动在相应的侧窗玻璃上绘制出显示屏反光成像区域,校核示意图如图6所示。

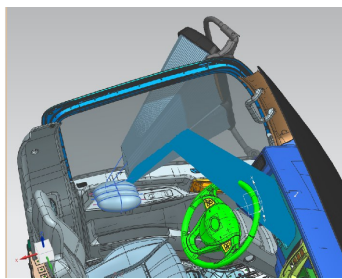


图6 反光成像校核示意图

从图6可知,显示屏在主驾侧窗玻璃上的反光成像与外后视镜视野区域部分重叠,其中在主驾侧窗玻璃上的反光成像面积占比为21%,与外后视镜视野区域的重叠面积占比为7%。反光成像性能不可接受,需要整改。

2.2.2 显示屏反光成像改善措施

针对上述反光成像校核结果,提出两种改善思路:一是调整显示屏位置,将显示屏向后移动10 mm,即进一步靠近驾驶员,再次进行校核,发现在主驾侧窗玻璃上的反光成像远离了外后视镜视野区,与外后视镜视野区域重叠的面积占比变为3%,同时将在主驾侧窗玻璃上的反光面占比变为15%,改善效果明显;二是调整外后视镜位置,但外后视镜位置的调整可能会对空气动力学造成影响,要重新进行空气动力学仿真,而且外后视镜视野需要重新校核。无论采用哪种改善措施,显示屏视觉对比度都需要重新校核,若满足要求,则可采取相应措施。

2.3 显示屏视觉对比度校核及不合适时的改善措施

2.3.1 显示屏视觉角度校核

显示屏可视性与显示屏角度、自身亮度有关,在UG中首先通过测量的方式校核显示屏的视觉角度,保证显示屏视野符合要求^[14]。显示屏视觉角度的校核示意图如图7所示。

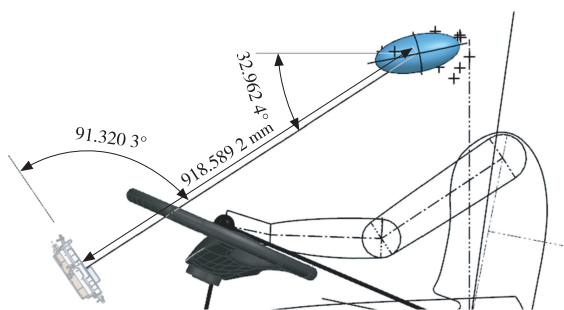


图7 显示屏可视性校核示意图

由图7可知,眼椭圆中心到显示屏中心距离约为919 mm,显示屏中心和眼椭圆中心连线与显示屏平面的夹角约为 91° ,满足要求;但显示屏中心和眼椭圆中心连线与水平线的夹角约为 33° ,角度偏大,影响驾驶员看显示屏。

2.3.2 显示屏视觉对比度校核

SPEOS 是用于环境与视觉模拟的光学仿真软件,使用此软件对显示屏视觉对比度进行校核。由于不同时间的光照程度不同,因此在 SPEOS 中分别设置不同的时间,并对显示屏进行视觉对比度分析,校核结果如图8所示。目标选取需要读取的有效字符,可以直接在 SPEOS 中显示出视觉对比度,显示屏在不同光照条件下的视觉对比度见表3,根据表1的判定标准,显示屏视觉对比度满足要求。



图8 显示屏视觉对比度校核结果

表3 显示屏视觉对比度可读性

环境光照条件	视觉对比度 C	标准值	可读性
太阳非直射到显示屏	0.71	$C \geq 0.67$	可读
太阳直射			
上午8点	0.58	$C \geq 0.5$	可读
中午12点	0.51	$C \geq 0.5$	可读
下午4点	0.53	$C \geq 0.5$	可读
夜间8点	0.92	$C \geq 0.8$	可读

2.3.3 显示屏视觉对比度不合适改善措施

针对显示屏视觉角度校核不合格的结果,调整显

示屏位置,将显示屏向上移动,减小显示屏中心和眼椭圆中心连线与水平线的角度,达到显示屏可视角度的要求。

基于夜间模式和日间模式的影响,显示屏亮度会随着光照环境发生变化。为了保证驾驶员能够清晰地看到屏幕上的信息,需要提升显示屏屏幕功能,使屏幕带亮度自适应调节功能。

3 结论

本文在分析光学原理的基础上,对影响驾驶员视觉安全的显示屏反光炫目、反光成像、视觉对比度不合适进行原因分析并校核,提出有效的改善措施,结论如下:

- 1) 在UG中仿真模拟光线反射路线,通过调整显示屏的位置和角度来减小反光面占比,以改善显示屏的反光及视觉问题。
- 2) 在不同光照下自适应调节显示屏亮度,以改善显示屏视觉对比度不合适问题。

参考文献:

- [1] 韩志军,郑悦,刘嘉明. 某型液晶显示器夜间亮度变化不均匀现象的分析与改进[J]. 液晶与显示,2020,35(8):838-844.
- [2] 张承标. 基于驾驶人视觉特性的冰雪道路行车安全评价研究[D]. 长春:吉林大学,2017.
- [3] 孙阳坤,冯庆,邓骏鸿,等. 浅谈汽车多媒体显示屏的人机布置设计[J]. 汽车零部件,2020(3):47-51.
- [4] 方星,宋建新. 汽车组合仪表布置和光学分析[J]. 企业科技与发展,2017(6):104-106.
- [5] 方宜学,白逾,杨义. 关于汽车组合仪表视野倒影问题的分析及优化[J]. 汽车实用技术,2021,46(16):63-65.
- [6] 李志香,李晓艳. 汽车智能内后视镜信息显示屏的结构设计与开发[J]. 电子测量技术,2018,41(7):16-20.
- [7] 许尚. 浅谈汽车仪表反光及炫目校核[J]. 海峡科学,2010(12):18-20.
- [8] 邹宝义,周恩临. 基于“宝骏730”的内饰镀铬造型对汽车视野的炫光危害分析[J]. 企业科技与发展,2015(12):50-54.

(下转第52页)

序与流程符合设定要求。

5 结束语

在-25℃低温环境下,采用本文油电一体化供暖技术的医诊车,开启燃油加热器 10 min 内可将车厢内温度提升 10 K 以上,开启电液加热器 20 min 内可将车厢内温度提升 10 K 以上。说明油电一体化供暖技术能够保证车辆在行车和驻车两种场景下车内采暖的稳定性,解决了驻车采暖的能耗焦虑,拓宽了采暖渠道,有效降低了车辆能耗。

参考文献:

- [1] 崔勇,朱勇,陶德清. 客车独立热源水暖加热系统的布置及维护[J]. 科技创新导报,2018,15(13):111-112.
- [2] 薛德保. 便捷式纯电动客车水暖加热器设计与应用[J]. 汽车测试报告,2021,18(19):125-126.
- [3] 中华人民共和国交通运输部. 客车空调系统技术条件:JT/T 216—2020[S]. 北京:中国标准出版社,2020:10.
- [4] 李杨,周舟. 燃油加热辅助热源在商用汽车上的应用[J]. 汽车电器,2023(2):31-35.
- [5] 杨宏波,周扬帆. 传统客车暖气系统设计[J]. 汽车博览,2020(13):109.
- [6] 朱爱荣. 客车水路系统布置及其气体净化设计[J]. 汽车实用技术,2021(15):79-81.
- [7] 王瑞君. 城市客车暖风系统设计[J]. 客车技术与研究,2018,40(2):39-41.
- [8] 刘红舫. 探讨汽车线束设计思路及零部件选型[J]. 环球市场,2018(4):392.
- [9] 德力西电气有限公司. 创新引领电气供给侧改革,德力西电气再推领航者系列全新产品[J]. 电气与能效管理技术,2016(10):76.
- [10] 吕永楼,张炳力,曹皇亲,等. 某轻型客车采暖系统边界条件的研究[J]. 北京汽车,2013(4):4-8.
- [9] 杨公侠,杨旭东. 不舒适眩光与不舒适眩光评价[J]. 照明工程学报,2006,17(2):11-15.
- [10] 周琼,刘嘉梁,何芳. 汽车反光和成像分析方法及优化设计研究[C]//中国汽车工程学会. 2022 中国汽车工程学会年会论文集(5). 2022:508-512.
- [11] 张羽佳,薛伟鹏,李彦鹏. 重卡驾驶室视野分析校核方法[J]. 汽车制造业,2023(3):42-44.
- [12] 朱琳,王书雷,杨树峰. 风窗成像问题的解析研究[C]//河南省汽车工程学会. 第十五届河南省汽车工程科技学术研讨会论文集. 2018:185-186.
- [13] 文学,薛志刚,林启权,等. 基于 SPEOS 的汽车中控屏防眩目仿真精度影响因素研究[J]. 汽车技术,2019(1):57-62.
- [14] 刘丰华. 车联网显示屏设计的研究[J]. 信息与电脑,2016(21):176-177.

(上接第 43 页)