

车载平视显示技术

王兴, 秦齐

(长春理工大学, 长春 130022)

摘要: 平视显示器又称抬头显示器,是在20世纪60年代问世的具有电子特色的航空产品,主要应用于战斗机。而今,平视显示技术已经被广泛地应用于汽车工业。首先综述了车载平视显示技术的发展历史,阐述了显示原理,在此基础上总结了车载平视显示技术的发展现状与典型的结构形式,最后对车载平视显示技术未来的发展提出展望。

关键词: 汽车; 平视显示; 光学系统

中图分类号: V243; TP391.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-637X(2014)01-0055-04

Technologies of Head-Up Display for Automobiles

WANG Xing, QIN Qi

(Changchun University of Science and Technology, Changchun 130022, China)

Abstract: The Head-Up Display (HUD) is an aviation product appeared in 1960s, which is mainly used on the fighting aircrafts. Now it has been widely used in the automotive industry. Firstly, the history and working principle of the automotive HUD are presented. Then, the current situation and typical structures of automotive HUD technology are summarized. The future development of the technology is also described.

Key words: automobile; Head-Up Display(HUD); optical system

0 引言

车辆在高速行驶时,驾驶员的视线需要始终保持观察前方区域。当需要观察仪表盘上的信息时,驾驶员的注意力会从前方区域短暂地转移到车辆仪表盘上^[1]。如果此时前方出现异常状况,驾驶员可能来不及采取有效应对措施,从而导致事故的发生,因此,需要驾驶员同时观察到路况信息和驾驶信息。为了解决这个问题,人们把飞机平视显示技术引入到汽车当中。

车载平视显示器(Head Up Display, HUD)将驾驶最需要的车速、油量等重要的信息投射入人眼,投影图像位于驾驶员前方的适宜位置上^[2],从而使驾驶员始终保持抬头的姿态,避免了因低头观看仪表盘上显示信息而引起的安全隐患,减少了引起交通事故的可能性,也缓解了交替观察车内和车外不同远近的景物信息而引起的眼部疲劳^[3]。车载平视显示技术可以使驾驶员更安全,更快速地获取所需要的驾驶信息,对提高车辆安全性能有着重要的意义。与飞机平视显示器相类似,如果人眼

长时间观察车载平视显示器投影的图像,也会在一定程度上引起眼睛的不适。

1 车载平视显示技术的发展历史

平视显示技术是20世纪60年代初在光学瞄准具和雷达瞄准具的基础上发展起来的,20世纪60年代末被广泛应用于战斗机,20世纪70年代以来用于运输机、民航机、直升机和航天飞机^[4]。

平视显示技术最早应用于汽车是在1988年,通用汽车推出了第一款车载平视显示器,虽然只能显示车速信息,但这次尝试备受业内关注。1998年,通用汽车推出一款带有夜视系统的原型车——凯迪拉克帝威。这款车中采用的平视显示系统将红外图像显示到风挡玻璃前方的视野范围中。2003年, DENSO公司引进世界上第一款可以同时显示驾驶信息与夜视系统成像信息的平视显示器。2006年上市的凯迪拉克STS4.6这款车型中使用的平视显示器可以根据不同的车速转换投影字样的颜色,这是车载平视显示器由单色显示向复合颜色显示的转变。2012年5月,日本先锋公司推出先锋投影平视显示器,这是在全球范围内首次将平视显示器应用于汽车导航的产品。该产品能够分析具体的行车路线信息,确定重要的标识信息以及汽车与周围的距离

收稿日期:2013-05-22

修回日期:2013-08-14

作者简介:王兴(1988—),男,辽宁兴城人,硕士生,研究方向为光学设计。

信息。

国内最早引进平视显示器的是东风日产风神蓝鸟的平视速度计。中国最大的民营汽车企业吉利汽车公司也申请了关于车载平视显示器的专利。

车载平视显示器最初只能显示车速等少量的数字信息,并且颜色单一、显示范围小、字符不清晰、对比度差,现如今,车载平视显示器可以显示多种颜色,提供给驾驶员各项信息,而且显示范围大、字符清晰度高、对比度高且可以自动调节,另外与红外夜视系统相结合还可以提供夜视信息。

2 车载平视显示技术原理

图 1 所示为车载平视显示原理。

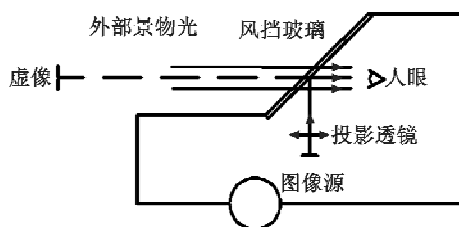


图 1 车载平视显示原理图

Fig. 1 The schematic diagram of automobile HUD

这种风挡玻璃映像式结构是车载平视显示器最基本也是使用最为广泛的结构。从图源发出的光经投影透镜折射和风挡玻璃反射与外部的景物光一同进入人眼,人眼沿着光线的反向延长线观察到位于风挡玻璃左侧的虚像,从而保证驾驶员能够在观察前方路况信息的同时也能观察到仪表盘上的信息^[5]。风挡玻璃一方面能透射外部景物光,另一方面又能反射图像源经过投影透镜的光,这种系统的优点在于,驾驶员在能够观察到投影像的同时还允许一定范围的头部移动,缺点是图像小、亮度低、视场角小、重量和体积都较大。

3 车载平视显示系统的发展现状

车载平视显示系统有许多不一样的部分,根据已经在汽车上应用的系统,所有的平视显示系统都包括 3 个核心元件:图像源、光学系统和像合成器。因此,通常在以上 3 个方面对系统的发展现状进行综述。

3.1 车载平视显示系统图像源

车载平视显示系统最初采用阴极射线管(CRT)作为图像源,但是 CRT 的空间体积大,不适合在汽车上使用^[6]。随着新的投影显示屏不断涌现,常规的 CRT 也在逐渐被其他类型的显示屏所替代。表 1 所示为几种不同类型显示屏优缺点的对比,表中所列举的显示屏均可用作平视显示系统的图像源。

表 1 不同类型显示屏的优缺点对比

Table 1 The comparison of different kinds of display

类型	名称	对比度	响应时间/ms	优点	缺点	寿命/h
CRT	Cathode Ray Tub 阴极射线管	100:1 ~ 200:1	1~3	技术成熟,成本低,色泽均匀,响应时间快	抗干扰性差,体积大,分辨率低	约 5 万
	Liquid Crystal Display 液晶显示	200:1 ~ 600:1	16	重量轻,厚度薄,分辨率高,清晰度高	响应速度慢,亮度不均匀,容易出现瑕疵	约 2 万
DLP	Digital Light Procession 数字光处理	800:1 ~ 1600:1	8	高分辨率,高亮度,高可靠性,高对比度,图像无缝	工艺繁琐,体积大,色彩饱和度低	约 10 万
IGOS	Liquid Crystal Silicon 硅基液晶	1000:1 ~ 4000:1	<11	图像准确,分辨率高,对比度高,光利用率高	制造困难,制造标准不统一	约 2 万

3.2 车载平视显示系统光学系统结构形式

除图 1 所示的风挡玻璃映像式平视显示系统之外,还有其他结构类型的平视显示系统。

3.2.1 前置反射屏式平视显示系统

前置反射屏式结构也是车载平视显示系统采用较为普遍的结构形式。如图 2 所示,在驾驶室内设置独立的半反射半透射的反射屏,图像源发出的光线经过反射屏反射进入人眼。这种结构中反射屏与风挡玻璃是相互独立的两个部分,并不需要对风挡玻璃做镀膜等其他处理^[7]。此外,反射屏可以前后转动,投影角度比较灵活,但是反射屏的设置会使车内空间变得狭小,且结构复杂。图像源发射出的光线透射过反射屏后会被风挡玻璃反射,部分反射光线会进入人眼对驾驶员形成干扰。

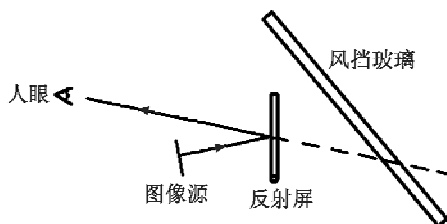


图 2 前置反射屏式平视显示系统原理图

Fig. 2 The schematic diagram of front reflection HUD

3.2.2 全息光学平视显示系统

传统平视显示器视场小,图像亮度低。使用全息光学元件的平视显示器可以有效地增大系统的视场。全息光学元件同时具有窄波段符号图像的高反射率和宽波段外界景物的高透过率的特点,可以有效地提高图像的显示亮度^[8]。采用这种结构,可以减小系统的体积和重量。

以图 3 曲面全息平视显示系统为例,图像源发射出的符号图像先经过中继系统,再经过平面反射镜反射,形成一个中间像,这个中间像经过全息组合玻璃,最终为人眼所观察。但是这种结构需要将全息组合玻璃楔入或者粘结在风挡玻璃上,这种工艺比较复杂,成本较高。

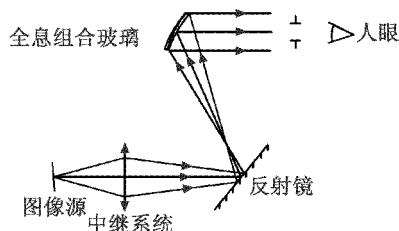


图 3 曲面全息平视显示系统原理图

Fig. 3 The schematic diagram of holographic HUD

3.2.3 自由曲面平视显示系统

严格来讲,汽车的风挡玻璃不是一个平面,而是带有一定弧度的曲面,因此可以用自由曲面来代替传统结构中风挡玻璃所在的面。图 4 为自由曲面平视显示系统原理图,系统包括两个自由曲面和一个折叠反射镜,实现对图像源成像^[9]。

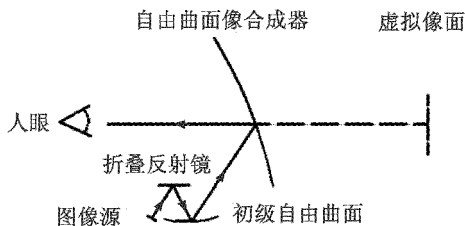


图 4 自由曲面平视显示系统原理图

Fig. 4 The schematic diagram of freeform surface HUD

图像源发射出的光线先经过折叠反射镜反射,再经过初级自由曲面反射,最后经过自由曲面合像器反射进入人眼,其中,自由曲面合像器是风挡玻璃所在的面。这种结构形式简单灵活,像差平衡能力强,成像质量较好,但制造成本较高。人眼直接通过风挡玻璃观察外界景物时,风挡玻璃可能会产生一定的像差。

3.2.4 菲涅尔透镜平视显示系统

在平视显示系统中,为了获得较大的像,通常需要较大口径的光学系统,当透镜的口径较大时,透镜会变得非常厚重,这样的透镜不易加工,且价格昂贵,因而难以大批量生产,对于这种情况,可以使用菲涅尔透镜。图 5 为采用两片菲涅尔透镜的平视显示系统原理图。图像源靠近第一片菲涅尔透镜^[10]下方,经第二片菲涅尔透镜放大与风挡玻璃的反射进入人眼。菲涅尔透镜系统的结构形式简单、透镜的体积小、重量轻,同时,菲涅尔透镜还可以校正风挡玻璃所产生的像差,但是系统的轴外视场像差较大。

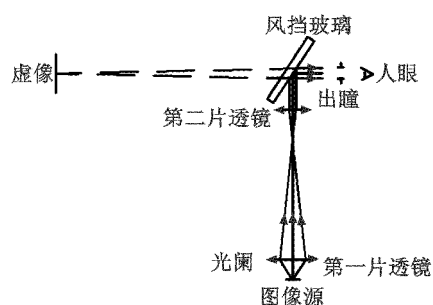


图 5 菲涅尔透镜平视显示系统原理图

Fig. 5 The schematic diagram of fresnel lens HUD

3.2.5 与仪表盘相结合的平视显示系统

在已经装备有平视显示器的系统中,仪表盘的存在限制了平视显示器的可用空间范围。将车载平视显示系统与车载仪表盘结合成一个系统可以有效地利用驾驶台前方的空间,减小系统的体积^[11]。图 6 所示系统包含一个图像源、一个分光镜、多个平面反射镜和一组光学系统。

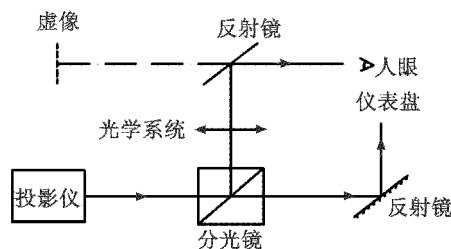


图 6 与仪表盘相结合的平视显示系统原理图

Fig. 6 The schematic diagram of HUD with instrument panels

投影仪发出的光经过分光镜分成透射部分和反射部分,透射部分的光经过平面反射镜反射,将透射图像反射到仪表盘上作为显示信息,反射部分的光经过光学系统折射和风挡玻璃反射进入人眼。仪表盘系统和车载平视显示系统采用同一个图像源,可以保证二者显示信息的实时性,而且使用这种包含分光镜在内的系统,可以去除掉一些不必要的结构,充分利用驾驶台前方的可用空间^[12]。

3.3 车载平视显示系统像合成器件

在汽车平视显示系统中,一般将风挡玻璃作为将外部景物信息和内部投影信息合成到一起的元件。风挡玻璃存在一定厚度,并且风挡玻璃的形状、薄厚和材料的性能等对汽车平视显示系统的成像质量有着重要影响。图 7 所示为 3 种不同形状风挡玻璃对光线的影响。

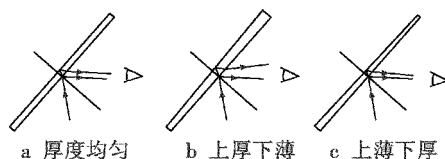


图 7 不同形状风挡玻璃对光线的影响

Fig. 7 The impacts of different shapes of windshields on light

由于光折射与反射的存在,入射光线会在风挡玻璃的前后两个反射面均被反射回来。投影虚像位于风挡玻璃前方有限远的距离,因此,如图 7a 和图 7b 所示这两种结构都会在一定程度上造成重影现象,而当风挡玻璃做成如图 7c 所示上薄下厚的“楔”形,就可以有效地消除重影现象^[13]。不仅如此,还要根据平视显示系统不同的颜色需求,在相应的反射区域对不同波段镀上半反射半透射的膜层。

4 总结与展望

人们对车辆行驶安全问题的担忧,促进了平视显示技术在汽车行业的应用,广大消费者对现今已经投入到市场中的车载平视显示器也有着良好的评价。如何提高平视显示器图像的亮度,增大像的尺寸,降低系统的成本是未来车载平视显示技术研究所要面临和解决的主要问题。

车载平视显示系统功能的多样性也是未来的一个发展方向。利用平视显示技术实现“增强现实”^[14],在车内外安装传感器和微型摄像头,捕捉周围的环境信息,通过平视显示系统将环境信息投影到风挡玻璃上,使驾驶员能够更快速更清晰地感知路况信息。未来的平视显示系统还可以是基于整个全景车窗,把整片挡风玻璃都作为平视显示系统的屏幕,将所需要的全部驾驶信息都显示在风挡玻璃上,届时,真实的仪表盘将可能被完全替换^[15]。

参 考 文 献

- [1] 吴峰. 国外摩托车仪表盘远视点成像新技术(1)[J]. 摩托车技术,2005(6):38-40.
WU F. The far viewpoint imaging technology on foreign motorcycle dashboard (1) [J]. Motorcycle Technology, 2005(6):38-40.
- [2] 傅士航. 汽车用抬头显示器显示内容与感性意向之关联性分析[D]. 台北:台湾大学机械工程研究所,2010.
FU S H. Analyzing the relationship between automobile head-up display presentation image and drivers' kansei imagery[D]. Taipei:Department of Mechanical Engineering College of Engineering, Taiwan University, 2010.
- [3] SMITH S, FU S H. The relationships between automobile head-up display presentation images and drivers' kansei [J]. Displays, 2011, 32(2):58-68.
- [4] 杨宁,董海涛,杨忠. 平视显示器的装机工程设计研究[J]. 电光与控制,2007,14(2):117-118.
YANG N, DONG H T, YANG Z. Study on installation of head-up display on aircraft[J]. Electronics Optics & Control, 2007, 14(2):117-118.
- [5] NEWMAN R L. Head up displays: Designing the way ahead[M]. London:Avebury Aviation, 1995.
- [6] BILLINGS M. CRT replacement considerations for the next generations head-up display[J]. Proceedings of SPIE, 2000, 4022:411-421.
- [7] 浙江吉利汽车研究院有限公司. 车载信息平视显示装置:中国,201020609530.3[P]. 2011.06.09.
Zhejiang Geely Automobile Research Institute CO, Ltd. Automobile information head-up display devices. 201020609530.3[P]. 2011.06.09
- [8] 周海亮,程云芳. 全息光学——设计、制造和应用[M]. 北京:化学工业出版社,2006:324-336.
ZHOU H X, CHENG Y F. Holographic optics: Design, fabrication and application [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2006:324-336.
- [9] HOFMANN A, UNTERHINNINGHOFEN J, RIES H, et al. Double tailoring of freeform surfaces for off-axis aplanatic systems[J]. Proceedings of SPIE, 2013, 8550.
- [10] RAMIRET J A B. Design considerations of HUD projection systems applied to automobile industry[J]. Proceedings of SPIE, 2012, 8383, doi:10.1117/12.918698.
- [11] WENG C P, SU G D. Using micro-projectors to realize large screen head-up display [J]. Proceedings of SPIE, 2012, 8486, doi:10.117/12.929366.
- [12] 林昱宏. 反射式光学系统之设计与应用:双焦系统与汽车抬头显示器系统[D]. 台北:台湾大学电机资讯学院光电工程学研究所,2011.
LIN Y H. Design and applications of reflective optics system; zoom system and head-up display system for automobile[D]. Taipei: Graduate Institute of Photonics and Optoelectronics College of Electrical Engineering and Computer Science Taiwan University, 2011.
- [13] Freeman. Windshield for Head up Display:美国,5812332[P]. 1988-09-22.
- [14] KNÖÖS M, WIHLBORG M. Automotive head-up displays designing the user interface[D]. Lund:Lund University's Student Theses Database, 2005.
- [15] 曹增辰,戴磊. HUD技术的汽车应用以及国内外发展情况[J]. 中国建材科技,2010(s2):16-18.
CAO Z C, DAI L. Application of HUD on automobile and domestic and international developments[J]. China Building Materials Science & Technology, 2010(s2):16-18.