

文章编号 1004-924X(2009)02-0262-05

基于平面移动的车灯配光检测系统

凌 铭¹, 金光勇¹, 刘义生², 庞 博¹, 梁 柱¹

(1. 长春理工大学, 吉林 长春 130022; 2. 国家汽车零部件产品质量监督检验中心, 吉林 长春 130012)

摘要:研制了一种新型的平面移动式车灯配光检测系统。通过同国内通用的转台式车灯配光测试系统比较,建立了误差传递函数,分析了两种系统的误差;与标准照度计比较,测试出测试点的光照度值误差;最后,由多点残差法计算信号灯最佳测试距离。对 J T200 和 AD100 车灯进行测试,结果表明,该测试系统的理论定位精度为 0.14 mm,是转台式测试系统的 31 倍,照度测试误差为 0.02 lx,精度提高了 2 倍;该测试系统信号灯发光强度测试误差与测试距离成正比,转台式测试系统的最佳测试距离为 2 m,而不是国内通用的 3.16 m。该检测系统精度高,车灯测试距离可调,易于控制,能满足国际标准测试要求。

关键词:车灯检测;二维平面移动;配光;照度误差

中图分类号: TM923.45 **文献标识码:** A

Light distribution test system based on moving in plane

LIN G Ming¹, JIN Guang-yong¹, LIU Yi-sheng², PANG Bo¹, LIANG Zhu¹

(1. Changchun University of Science and Technology, Changchun 130022, China;

2. National Center of Quality Supervision and Inspection of Automobile Part, Changchun 130012, China)

Abstract: To improve the accuracy of light distribution test of automotive lamp and to reduce cost, a novel light distribution test system based on moving in the plane for automotive lamp was researched to test luminance of every point on light screen. By comparing to the current rotating desk system with the best precision in China, the error transfer function was founded and errors of two systems were analyzed. Then, the accuracies to two kinds of test systems were tested with national benchmark lumeter. Finally, the best distance of automotive signal light was calculated from residual error norm. After testing J T200 headlamp and AD100 signal light, the experimental results indicate that the position precision of the system is 0.14 mm, which is 31 times that of the current rotating desk system, and luminance accuracy is 0.02 lx, three times that of current one. The experiment to automotive signal light shows that the best test distance for the rotating desk system is 2 m instead of 3.16 m used currently in China, and the luminance accuracy of new-style system is direct proportion to the test distance. These results can satisfy the system requirements of national standard in higher precision, rapid speed and the adjustable test distance to lamp.

Key words: test of automotive lamp; moving in plane; light distribution; luminance error

收稿日期:2008-03-28;修订日期:2008-07-07.

基金项目:吉林省杰出青年科技发展基金资助项目(No. 20060121)

1 引 言

机动车车灯配光性能是机动车主动安全要求之一,美国、欧盟、日本和中国都制定了强制性的安全法规和标准,对车灯的配光性能做了严格规定,以保证行车安全。

目前,国内对车灯配光性能检测全部采用转台系统测试^[1],该系统可进行水平、垂直、前后移动、旋转和仰俯转动。测试前照灯时,国标规定在正前方 25 m 处的平面中心点 HV 固定一个照度计,测试信号灯时,在正前方 3.16 m 处的 HV 中心点固定一个照度计,车灯的中心基准点通过照度计的中心轴线^[2-4]。当固定在转台上的车灯旋转和仰俯运动时,就相当于照度计测试了一个二维平面内的不同位置点的照度值。该检测系统的缺点是:(1)误差及控制难度大,计算机要控制多维运动,并通过角度换算成测试平面上点位置;(2)测试距离单一,只能测试 25 m 和 3.16 m 两处距离的照度值;(3)成本高。

基于平面移动的车灯配光检测系统,用两台高精度伺服电机控制丝杠使照度计在垂直车灯照射方向上的测试平面内运动,提高了测试点的坐标定位精度,减小了测试误差,方法不同于转台式检测系统,测试精度高于转台式测试系统,是一种新型的车灯配光检测系统。

2 理论分析

图 1 是基于平面移动的车灯配光检测系统的示意图,移动式检测系统的定位误差 d_M 由伺服电机的脉冲当量 e_1 、滚珠丝杠重复定位误差 e_2 、

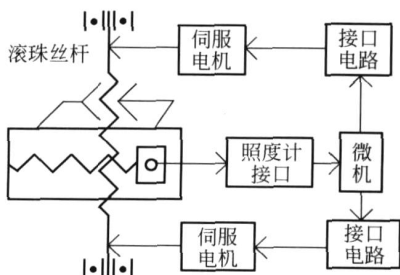


图 1 平面移动式车灯配光检测系统组成示意图
Fig. 1 Sketch diagram of test system structure based on moving in plane

计算机板卡 e_3 以及导轨和固定架加工安装误差 e_4 组合而成^[7-8],即:

$$d_M = e_1 + e_2 + e_3 + e_4, \tag{1}$$

转台系统的误差 d_R 由水平误差、垂直误差、旋转和仰俯转动误差组合而成^[9],与旋转和仰俯转动误差相比,水平误差、垂直误差较小,计算中可忽略。

设旋转角为 α ,仰俯角为 β ,车灯基准中心到 HV 点的距离为 l_0 ,测试点到 HV 点的距离 d_R 为:

$$d_R = l_0 \sqrt{(\tan \alpha)^2 + (\tan \beta)^2}, \tag{2}$$

定位误差为^[5]:

$$d_R = \frac{l_0}{\sqrt{(\tan \alpha)^2 + (\tan \beta)^2}} \times \left(\tan \alpha \times \sec^2 \alpha \frac{\partial d_R}{\partial \alpha} + \tan \beta \times \sec^2 \beta \frac{\partial d_R}{\partial \beta} \right), \tag{3}$$

对平面移动系统,由平方反比定律,车灯光强:

$$I_M = \frac{E l^2}{\cos^3 \theta}, \tag{4}$$

光强误差为^[5]:

$$I_M = \frac{l^2}{\cos^3 \theta} \frac{\partial I_M}{\partial E} + \frac{2 l E}{\cos^3 \theta} \frac{\partial I_M}{\partial l} + \frac{E l^2 \sin \theta}{(\cos^3 \theta)^2} \frac{\partial I_M}{\partial \theta}, \tag{5}$$

E 为测试点的照度值, l 为车灯基准中心到测试点的距离, θ 为入射角,即灯基准中心与测试点之间连线同灯基准中心与 HV 点之间连线的夹角。

测试值应是测试点处的值,对转台系统,测试点的值 E 与 HV 点的实际测试值 E_1 关系式为:

$$E = E_1 \times \cos^3 \theta, \tag{6}$$

所以

$$I_R = E_1 l_0^2 \cos^2 \theta. \tag{7}$$

那么转台式测试系统的光强误差为^[7-8]:

$$I_R = l_0^2 \cos^2 \theta \frac{\partial I_R}{\partial E_1} + E_1 \cos^2 \theta \frac{\partial I_R}{\partial l_0} - E_1 l_0^2 \sin 2 \theta \frac{\partial I_R}{\partial \theta}. \tag{8}$$

3 实验与结果

3.1 测试点坐标值及照度

在标准规定的测试点中选取有代表性的近光点 B50L、75R,远光点 1 125L、2 250L 作测试点^[2],测试距离为 250 ~ 2 250 mm,照度值从小到

大,角度由 0 到 5.143°,基本能涵盖测试区域。

同国内高精度的转台测试系统一起进行测试,该转台的旋转和仰俯转角误差为 0.01°。测试时,移动式车灯配光检测系统的平面作为转台的配光屏幕面,转台式测试系统的转台为移动式的车灯配光检测系统的车灯固定点,以便两种测试的 HV 中心点、车灯中心基准点重合。

以 HV 点为坐标原点(0,0),h 轴为横轴,v 为竖轴,每次测试时,都复位到 HV 点,以消除回程误差。

对移动式车灯配光检测系统,采用安川 II 伺服电机和驱动器,黑田精工(KURODA)滚珠丝杠,由式(1)计算得单方向(h 向或 v 向)误差为 0.1 mm^[7-8],总误差 0.14 mm。

将 $\frac{\partial d_R}{\partial} = \frac{\partial d_R}{\partial} = 0.01^\circ$, $l_0 = 25$ m 及 4 个测试点的 d_R 值代入公式(3),即可得测试点的 d_R 。表 1 为计算的理论误差对比。

表 1 二种检测系统的测试点理论误差对比

Tab. 1 Error comparison between point positions of two systems

测试点	B50L	75 R	1 125L	1 125 R	
坐标值	(mm)	左 1 500 上 250	右 500 下 250	左 1 125 右 2 250	
	(°)	右 3.434 下 0.573	左 1.146 上 0.573	右 2.577 左 5.143	
	d_M (mm)	0.14	0.14	0.14	0.14
	d_R (mm)	5.05	5.85	4.37	4.41
误差比	36	42	31	32	

由表 1 可以看出,1 125L 点是 4 个测试点的定位误差最小点。因 1 125L 点是国标规定全部测试点中的单向旋转角度最小点,也是全部测试点中的误差最小点^[11],那么转台式系统误差最小是移动式测试系统的 31 倍。

用 J T200 汽车前照灯测试,测量用北京师范大学光学仪器厂生产的 SZ-601S 照度计,量程 0.001 ~ 3 000.0 lx。测试时,先用转台式和移动式系统进行测试,记下照度测试值后,再与中国计量科学研究院标准照度计比对,之差即为两测试系统的误差值,表 2 是两种检测系统的测试点照度误差测试。

表 2 两种检测系统的测试点照度及误差测试对比

Tab. 2 Luminance and error comparison between two systems

测试点	B50L	75 R	1 125L	2 250L
移动式测试值(lx)	0.20	7.68	24.96	19.97
移动式误差值(lx)	0.009	- 0.02	- 0.03	- 0.02
转台式测试值(lx)	0.22	7.60	24.90	19.92
转台式误差值(lx)	0.029	- 0.10	- 0.09	- 0.07
误差绝对值比	3.2	5	3	3.5

由表 2 可见,转台式测试系统误差值最低是移动式的 3 倍。

3.2 光强测试

国外和国内标准中均未规定信号灯(转向灯、示廓灯、刹车灯等)的测试距离^[3-4],国内使用转台式检测系统,测试距离为 3.16 m,这个值是为了转换为发光强度值方便(平方为 10),但不是最佳测试距离(误差最小时的距离)。

对于平面移动系统,可由式(5)计算,因 $\frac{\partial I}{\partial l}$, $\frac{\partial I}{\partial}$ 近似为零,所以:

$$I_M = \frac{l^2}{\cos} \frac{\partial I}{\partial E}, \quad (9)$$

由式(9),为定值,那么平面移动系统的光强测试误差仅与照度计精度有关,且与测试距离成正比。

对于转台系统,可由式(8)计算, l_0 为定值, $\frac{\partial I}{\partial l_0} = 0$, 所以:

$$I_R = l_0^2 \cos^2 \frac{\partial I_R}{\partial E_1} - E_1 l_0^2 \sin^2 \frac{\partial I_R}{\partial}, \quad (10)$$

由式(10), $\frac{\partial I_R}{\partial E_1}$ 、 $\frac{\partial I_R}{\partial}$ 不变,而每个测试点、 E_1 都不同,应有一个最佳 l_0 ,使 I_R 最小。

用 AD100 转向信号灯来测试转台式测试系统的最佳距离,选取 5U-10R、5U-20L、HV、H-10R4 个测试点,用德国喜利得 PD42 型高误差激光测距仪测试车灯距平面的距离,误差 ±1 mm,图 2 至图 5 是用 MATLAB 拟和后的曲线及残差图。

图中曲线上 6 点分别是 1、1.5、2、3.16、4、5 m 测试距离时 4 个测试点的发光强度值的五次拟合残差图,可以看出,2 m 点为误差最小点,是最佳测试距离。

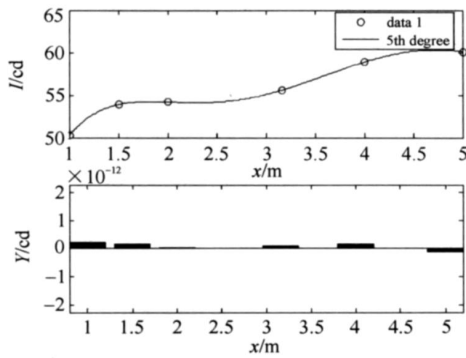


图 2 5U-10R 点残差图
Fig. 2 Residual norm for 5U-10R points

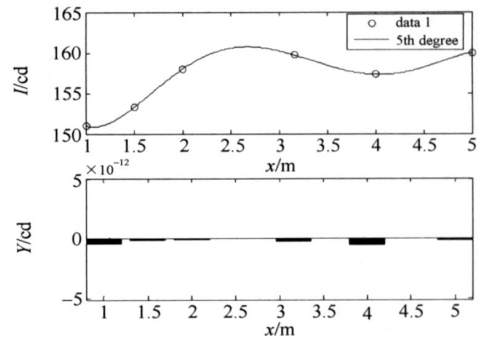


图 5 H-10R 点残差图
Fig. 5 Residual norm for H-10R points

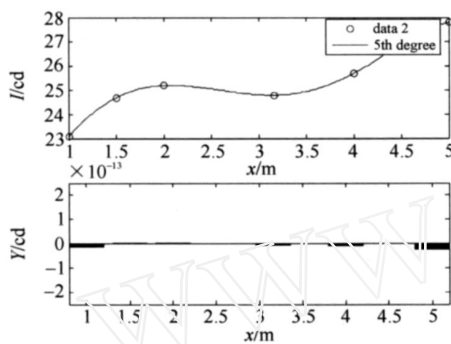


图 3 5U-20L 点残差图
Fig. 3 Residual norm for 5U-20L points

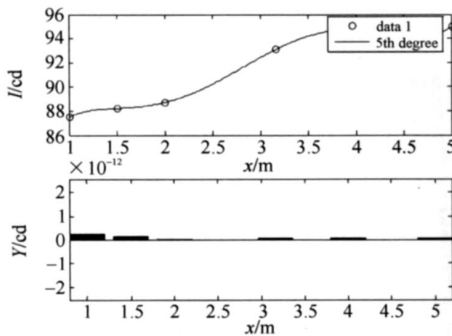


图 4 HV 点残差图
Fig. 4 Residual norm for HV points

由式(9)、(10)及测试结果可知,移动式检测系统只要能保证检测需要,距离越小,误差约小。转台式检测系统测试不同的信号灯,就会有不同的最佳测试距离,仅仅采用 3.16 m 的测试距离来测试所有信号灯,会增大测试误差,特别是转向信号灯与倒车灯,发光强度相差 10 倍左右,选择测试距离对测试结果影响很大。

4 结 论

本文研究了一种新型的车灯配光检测系统,该测试系统的理论定位误差为 0.14 mm,实际测试照度误差为 0.02 lx,优于转台式测试系统,其优势主要体现在 3 方面:(1)测试精度高,为研发和检测提供了更好的手段;(2)测试方便,不经过换算可直接测试任意点照度及光强值;(3)测试距离任意可调,可测试多距离的光强值。基于平面移动的车灯检测系统解决了转台式测试系统的不足,这对检测部门是非常有利的。

参考文献:

[1] 黄佐贤. 现代汽车灯具 [M]. 北京:长虹出版社, 2003.
HUANG Z X. *Modern Lanterns for Motorvehicles* [M]. Beijing: Changhong Press, 2003. (in Chinese)
[2] GB4599-1994. 汽车前照灯配光性能[S].

GB4599-1994. *Photometric Characteristics of Headlamps for Motorvehicles* [S]. (in Chinese)
[3] ECE R6, 1996. *Photometric Characteristics of Direction Indicators for Motorvehicles and Their Trailers* [S].
[4] GB17509-1998. 汽车及挂车转向信号灯配光性能 [S].
GB17509-1998. *Photometric Characteristics of Di-*

- rection Indictors for Motorvehicles and Their Trailers[S]. (in Chinese)
- [5] 费业泰. 误差理论与数据处理[M]. 北京:机械工业出版社,1981.
FEI Y T. *Theory of Error and Precision and Data Processing* [M]. Beijing: Machine Industry Press, 1981. (in Chinese)
- [6] 毛英泰. 误差理论与误差分析[M]. 北京:国防工业出版社,1987.
MAO Y T. *Theory of Error and Precision and Analysis* [M]. Beijing: National Defense Industry Press,1987. (in Chinese)
- [7] 孙新学,李文武,荣茜,等. 提高机械传动误差的方法和措施[J]. 机床和液压,2004,36(3):169-170.
SUN X X,LI W W,RONG Q, et al.. Methods for raising the mechanical drive precision[J]. *Machine Tool and Hydraulics*, 2004, 36 (3) : 169-170. (in Chinese)
- [8] 郑子文,李圣怡. 滚珠丝杠传动机构的微动特性及轨迹跟踪控制[J]. 光学 精密工程,2001,9(4):360-363.
ZHENG Z W,LI SH Y. Ultra-precision positioning and tracking using ballscrew [J]. *Opt. Precision Eng.*, 2001,9(4):360-363. (in Chinese)
- [9] 金光,王家琪. 利用坐标变换推导经纬仪三轴误差[J]. 光学 精密工程,1999,7(5):90-93.
JIN G,WANG J Q. The three-error axis of theodolite with the utilization of the coordinate to the variation[J]. *Opt. Precision Eng.*, 1999,7(5):90-93. (in Chinese)

作者简介:



凌 铭(1967 -),男,吉林长春人,博士研究生,高级工程师,主要从事光学检测方面研究。E-mail: lingming5397364@yahoo.com.cn

金光勇(1971 -),男,吉林长春人,博士,研究员,博士生导师,主要从事光学工程方面的研究。E-mail:jgyciom@163.com

刘义生(1974 -),男,吉林磐石人,硕士研究生,工程师,主要从事自动控制技术方面的研究。E-mail:liu6011@163.com

庞 博(1984 -),男,吉林长春人,本科生,主要从事光电信息技术方面的研究。E-mail:pangbo_26@163.com

通讯作者:

梁 柱(1938 -),男,黑龙江甘南人,教授,博士生导师,主要从事光学工程方面的研究。E-mail:liangzhu.laser@163.com

下期预告

光纤光栅用于低阻抗材料动态性能测试的研究

王 为,林玉池,朱萍玉

(天津大学 精密测试技术及仪器国家重点实验室,天津 300072)

为了研究光纤 Bragg 光栅在材料性能测试方向的应用,介绍了基于分离式霍布金逊压杆(SHPB)的低阻抗材料动态性能测试的原理;探讨了光纤光栅传感器用于 SHPB 实验装置中应变测试的相关问题。首先,推导了低阻抗弹性杆中传播的应力波与光纤光栅传感器的波长漂移量 B 之间的关系式;然后,构建了光纤光栅高频动态应变测试系统,对 SHPB 实验装置中被撞击弹性杆的表面应变进行了测试,并与现有仪器进行了对比。实验结果显示,构建的光纤光栅动态应变测试系统在 10 kHz 的频率范围内,具有 40 dB 的信噪比。研究表明,光纤光栅在低阻抗材料的动态性能测试中具有很好的应用前景。