

各国汽车前照灯测试方法研究

闫万钊，刘倩军，林继梁，张琳祎，聂康达，马彪
中保研汽车技术研究院有限公司 北京 100016

摘 要：汽车前照灯是汽车主动安全配置中最基础也是最重要的部件。首先，它在夜间行车时可为驾驶员提供足够的照明效果，从而保证行车安全，减少交通事故。其次，汽车前照灯发出的光照强度不能对对向行驶过来的驾驶员造成炫目，从而避免产生交通隐患。再次，随着汽车前照灯照明技术的进一步发展，许多车辆逐渐配备了 AFS 自适应照明系统，使得前照灯的照明效果更加人性化。虽然前照灯的照明技术有了新的进展，但夜间交通事故的发生频次依然很高。对于前照灯的照明性能，各主要国家均作出了相关规定，其中包括强制性法规，也有第三方机构的检测标准。本文通过对国内外有关汽车前照灯照明性能的测试方法研究，为国内汽车前照灯的设计生产及性能检测提供帮助，从而促进夜间行车安全。

关键词：前照灯；配光性能；行车安全

1 前言

汽车前照灯在汽车照明系统中占据着举足轻重的地位，其主要作用是为驾驶员在驾驶车辆时提供良好的照明条件，且不产生炫目^[1]。因此汽车前照灯的照明效果关乎驾乘人员的生命健康安全，是汽车主动安全配置中最基础也是最重要的部件。

从光源类型来看，汽车配备的前照灯逐渐由卤素光源类型发展到惰性气体放电类型及 LED 光源类型。从技术发展来看，由普通灯光照明到 AFS 自适应照明系统。车辆前大灯的设计越来越能适应路况环境，但在夜间环境实际驾驶车辆时，仍然有很多车辆的前照灯不能为驾驶员提供足够的照明效果，或者对对向行驶的驾驶员产生炫目，以致于造成交通事故^{[2][3]}。

在前照灯测试认证方面，各主要国家都出台有相应的标准法规。在欧洲，汽车前大灯执行的标准主要为 ECE R112 和 ECE R123 法规，其对车灯的配光性能要求及试验方法、环境要求等作出了相关的规定。中国有关前照灯的国家标准 GB 4599 和 GB 25991 在一定程度上引用了 ECE R112 法规。美国汽车工程学会标准 SAE J1383 和 SAE J2650 也规定了汽车前照灯的使用性能。此外，在 2015 年美国 IIHS（美国公路安全保险协会）也引入了灯光测试，作为车型安全等级评价的一个试验项目。

表 1 中列出了中国、欧洲及美国执行的汽车灯光法规标准。其中，中国标准简称 GB，欧盟法规简称 ECE，美国联邦法规简称 FMVSS，美国汽车工程师学会标准简称 SAE。

表 1. 各国汽车前照灯标准法规

标准名称	中国 GB	欧盟 ECE	美国 SAE/FMVSS
汽车用灯丝灯泡前照灯	GB 4599-2007	ECE R1, ECE R5, ECE R8, ECE R20, ECE R112	SAE J1383
汽车用气体放电光源前照灯	GB 21259-2010	ECE R98	
汽车用 LED 前照灯	GB 25991-2010	ECE R112	SAE J2650
汽车用自适应前照明系统	GB/T 30036-2013	ECE R123	SAE J2591
汽车及挂车外部照明和光信号装置的安装规定	GB 4785-2007	ECE R48	FMVSS 108

2 中国及欧洲汽车前照灯测试方法

在有关汽车前照灯各项性能的测试方法上，中国国家标准在借鉴欧盟 ECE 标准的基础之上，根据本国国情做出相

应的调整。如国标 GB 25991《汽车用 LED 前照灯》即借鉴了欧盟法规 ECE R112 中对规定的 LED 前照灯测试方法。

在中国及欧洲标准中规定的 LED 前照灯测试方法中，均使用前照灯部件总成作为测试标的。检查及测试内容包括配光性能、配光性能的稳定性、显色性、UV 辐射、LED 整机机械磨损及涂层附着力等。其中配光性能这一测试项目与行车安全之间关系最为密切^{[4][5]}。

2.1 欧盟 ECE 配光性能测试方法^[6]

在无漏光的试验暗室环境中，将前照灯部件固定在试验台上，分别测量近光灯及远光灯照射到前方配光屏幕上的测量点光照强度（光强单位用坎德拉表示，符号为 cd），近光灯及远光灯配光屏幕测试点如图 1、图 2 所示。

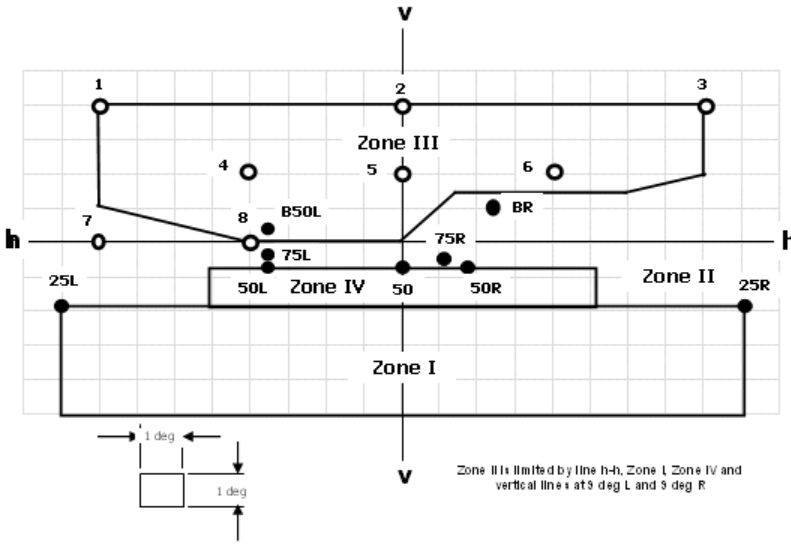


图 1. 右行交通近光光束配光屏幕

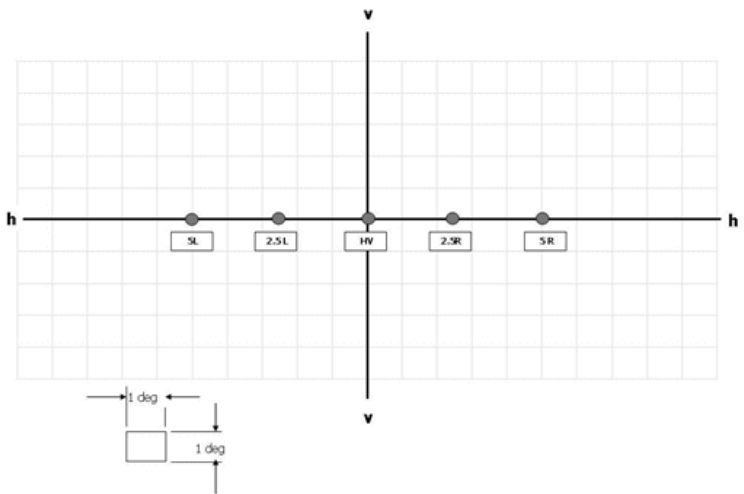


图 2. 右行交通远光光束配光屏幕

在暗室环境中进行的配光性能试验要求如下：

- 1) 在配光屏幕上，近光灯应产生明显的明暗截止线，其水平部分位于 V-V 线左侧，右侧为上扬的‘肘肩线’，

见图 3:

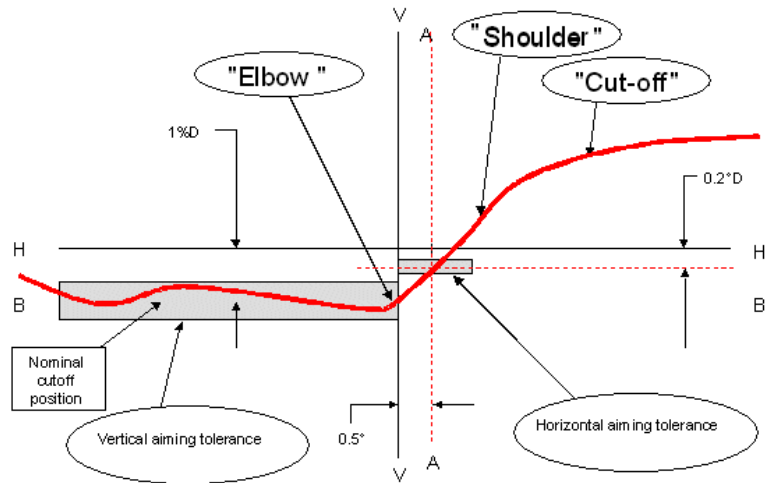


图 3. 近光灯明暗截止线分布

2) 在近光光束配光屏幕上，其他各测试点及区域须符合表 2 中规定的光照强度；

表 2. 近光灯配光屏幕各测量点光照强度限值

对于右行交通的前照灯近光测试点									
测量点名称								规定照射强度 (坎德拉 cd)	
								最大值	最小值
B 50L								350	
BR								1750	
75R									10100
75L								10600	
50L								13200	
50R									10100
50V									5100
25L									1700
25R									1700
III 区域的任意点								625	
8L	8L	8R	8R	6R	1.5R	V-V	4L		
1U	4U	4U	2U	1.5U	1.5U	H-H	H-H		
IV 区域的任意点									2500
I 区域任意点								< 2l	

其中 L 表示位于 V-V 线左侧，R 表示位于 V-V 线右侧，U 表示位于 H-H 线上部，D 表示位于 H-H 线下部；

3) 在远光光束配光屏幕上，各测试点照射强度要求须符合表 3 中的规定值；

表 3. 远光灯配光屏幕各测量点光照强度限值

测试点	照射强度最小值 (坎德拉 cd)
Imax	40500
H-5L	5100
H-2.5L	20300
H-2.5R	20300
H-5R	5100

2.2 中欧标准灯光配光性能对比

中国国家标准 GB 25991《汽车用 LED 前照灯》中规定的 LED 配光性能测试方法与 ECE R112 法规中规定的测试方法具有相同性。不同之处在于：在近光光束配光屏幕中规定的测试点少于欧盟 ECE 法规中的规定测量点；远光配光屏幕中对照射强度的限值也有所不同^[7]。表 4 列出了国标 GB 25991 与 ECE R112 关于 LED 前照灯对近光光束的光照强度限值。由表 4 中数据可知，国标规定的近光光束测量点的数量少于欧盟法规，且在光照强度上也有所差异。

表 4. GB 25991 与 ECE R112 近光光束光照强度限值要求对比

测量点名称	配光屏幕光照强度限值要求（坎德拉 cd）	
	GB 25991-2010	R 112
B 50L	≤340	≤350
BR	N/A	≤1750
75R	≥10200	≥10100
75L	≤10200	≤10600
50L	≤12750	≤13200
50R	≥10200	≥10100
50V	≥5100	≥5100
25L	≥1700	≥1700
25R	≥1700	≥1700

无论是中国国家标准还是欧盟 ECE 法规，两者的标准法规性质均为强制性标准，是车辆准入的必经之路。从测试方法上分析，两者规定的配光性能测试方法均为静态测试。当灯光部件安装在车辆上时，可能会因为安装位置及行驶环境等因素导致照明效果受到影响。甚至有可能出现安装同款车灯的同一款车型产生不同的照明效果。

3 美国 IIHS 前照灯测试方法^[8]

IIHS（Insurance Institute for Highway Safety），是美国公路安全保险协会，是一家致力于研究如何减少交通事故损失的非盈利机构。IIHS 统计，大约一半的道路交通死亡事故发生在夜间、黎明或者黄昏时段。为此，在 2015 年，IIHS 开始研究灯光道路测试。

3.1 环境条件

- 1) 试验在干燥的沥青路面（没有可见水分）进行；
- 2) 测试期间，环境空气温度保持在 20 至 100 华氏度之间（3-83℃）；
- 3) 测试在日落 30 分钟后进行，光度计的照度须在 0.3lux 以下；

3.2 试验条件

IIHS 对前照灯的测评分为三个方面：照明距离、是否产生眩光及转向照明性能。测试分别在 5 种行驶模式下进行，如图 4 所示，分别为直线行驶、150m 半径右转行驶、150m 半径左转弯行驶、250m 半径右转行驶、250m 半径左转弯行驶。在测试道路的相应位置布置了光度计，用来测量车辆照明性能。

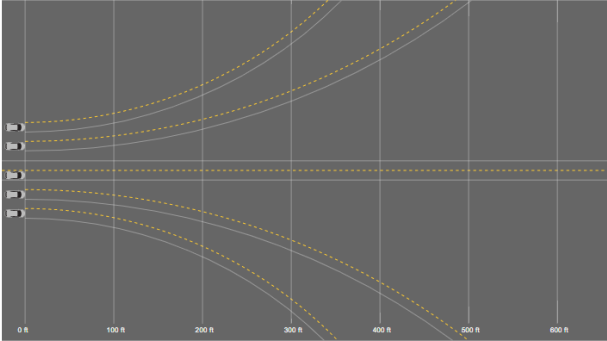


图 4. 5 种测试道路

表 5 列出了 5 种不同的车辆道路测试条件。对于曲线测试，半径指的试验车辆行驶车道的中心。曲线道路的长度沿曲线弧测量，为 120m，而直线道路的长度为 250m。五种方法中每结束一种测试方法，在图 5 所示的特定位置记录照度测量值。对于曲线道路，在点 1 和点 2 位置处测量能见度照明，测量位置与 3.3 m 宽道路左右边缘相对。对于直线引道，在点 1 和 3 位置处测量能见度，该点对应于 6.6 m 宽道路的左右边缘。对于所有全部五个引道，在点 4 位置处测量眩光照度，该点为试验车辆行驶车道中心左侧 3m 处迎面行驶车道上的一个点。所有能见度照度测量均在距地面 25 cm 高度位置进行测量，眩光照度测量在距地面 110 cm 处进行，这些高度位置的读数根据上述车辆俯仰角的变化进行校正。

表 5. 灯光道路测试条件要求

测试道路	长度 (m)	测试速度(km/h)	照明距离测量位置
150m 半径右转曲线	120	65	点 1,2
150m 半径左转曲线	120	65	点 1,2
250m 半径右转曲线差<25°	120	80	点 1,2
250m 半径左转曲线	120	80	点 1,2
直线行驶	250	任意速度	点 1,3

在整个测试道路长度下（曲线引道为 120 m，直线引道为 250 m），必须持续满足速度和车道保持标，才能视为有效试验。试验速度必须保持在标称试验速度的±3 km/h 范围内。对于具有自适应照明功能的车辆，150 m 半径曲线的标称速度为 65 km/h，250 m 半径曲线的额定速度为 80 km/h。对于车道保持，车辆前部中心必须保持在距引道横向中心±30 cm 的范围内。



图 5. 测量位置

注：
1, 2, 3 位置，在 25cm 高度处进行能见度照度测量；
4 位置，在 110cm 高度处进行眩光照度测量；
X， 测量坐标原点

3.3 照明可见度及眩光度量标准

对可见度性能评估：当达到 5 勒克斯并持续保持的距离，直到车辆至原点距离最远达到 10 米，或直线行驶时左侧边缘距离原点 15 米。该距离定义为车辆沿行驶车道中心（弯曲试验曲线的弧线）到原点的行驶距离（图 2 中的“x”）。对于表 1 中列出的每个可见度照度测量点（10 个），需使用三个有效测试，来指定整体 5 勒克斯的照明距离。

对眩光进行评估：在指定的测试跑到上，近光灯产生的眩光根据两个标准来进行判断。第一，在 5-10 米距离内，最大眩光不应超过 10lux。第二，指定测试道路剩余部分的眩光照度（即曲线行驶时间为 10-120 m，直线行驶时间为 10-250 m）不应超过图 6 所示的累积曝光距离限值。

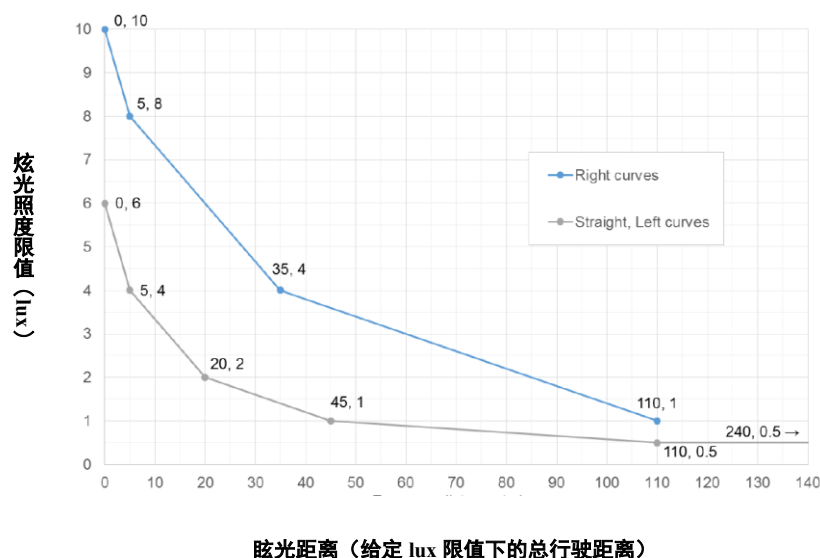


图 6. 距离大于 10 m 的眩光暴露限值

4 总结

中国国家标准及欧盟 ECE 法规关于前照灯的测试方法均为静态测试方法。美国 IIHS 前照灯道路测试突破了各国对前照灯照明性能的测试要求。虽然 IIHS 是一家非盈利机构，其测试标准不具备强制效力，但其测试方法在一定程度上弥补了单独以大灯部件进行照明测试的局限性。以实际驾驶的测试方法，对前照灯的可见照明距离、眩光及转向照明性能进行了综合评价。此测试方法更加接近驾驶员实际驾驶状态，测量结果更加真实有效，对夜间行驶安全具有很大的促进作用，对各国前照灯强制性检测方法开辟了新的道路。

参考文献 (References):

- [1] 王丹,陈积先.国内外汽车前照灯标准及试验方法对比[J].汽车电器,2014(08):49
- [2] 方英兰,朱向冰.自适应前照灯的功能与实现.中国照明电器,2010
- [3] 钱向明.车用自适应前照灯系统设计与研究.机电工程,2010
- [4] 谢祖通,翁晓伟,陈爱华.基于成像型亮度计的车灯配光性能检测系统研究[J].照明工程学报,2017(02):13-15.5657
- [5] 刘雪刚.汽车前照灯检测过程中存在的问题及对策[J].汽车与驾驶维修(维修版),2018(07):82-83.
- [6] ECE R112/06, Uniform provisions concerning the approval of motor vehicle headlamps emitting an asymmetrical passing beam or a driving beam or both and equipped with filament lamps and/or light-emitting diode (led) modules 2015 [S].
- [7] GB 25991-2010,汽车用 LED 前照灯[S].
- [8] IIHS: Headlight Test and Rating Protocol (Version III) 2018 [S].