



# 中华人民共和国国家计量技术规范

JJF XXXX—202X

## ETC门架补光灯眩光测试系统 (照度法) 校准规范

Calibration Specification for ETC Gantry Fill Light Glare

Testing Systems (Illuminance method)

(征求意见稿)

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

国家市场监督管理总局 发布

# ETC门架补光灯眩光测试 系统（照度法）校准规范

JJF XXXX—202X

Calibration Specification for

ETCGantry Fill Light Glare Testing

Systems (Illuminance method)

归口单位：全国公路专用计量器具计量技术委员会

主要起草单位：交通运输部公路科学研究所

参加起草单位：

本规范委托全国公路专用计量器具计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

参加起草人：

# 目 录

引 言.....	II
1 范围.....	1
2 引用文件.....	1
3 术语.....	1
3.1 ETC门架补光灯眩光测试系统.....	1
3.2 基准轴.....	1
3.3 补光区域.....	1
3.4 点亮时间.....	1
3.5 基准轴最大光照度.....	1
3.6 平均光照度.....	1
3.7 有效光照度.....	2
4 概述.....	2
5 计量特性.....	2
6 校准条件.....	2
6.1 环境条件.....	2
6.2 测量标准及其他设备.....	3
7 校准项目和校准方法.....	3
7.1 校准前检查.....	3
7.2 基准轴最大光照度相对示值误差.....	3
7.3 平均光照度相对示值误差.....	4
7.4 有效光照度相对示值误差.....	5
7.5 平均光照度测量重复性.....	6
8 校准结果.....	7
8.1 校准记录.....	7
8.2 校准证书.....	7
8.3 校准结果不确定度评定.....	7
9 复校时间间隔.....	7
附录A ETC门架补光灯眩光测试系统（照度法）校准记录表式样.....	8
附录B ETC门架补光灯眩光测试系统（照度法）校准证书信息及内页式样.....	10
附录C ETC门架补光灯眩光测试系统（照度法）校准不确定度评定示例.....	12

# 引 言

JJF 1071《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1059.1《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑本规范制定工作的基础性系列规范。

本规范为首次制定。

# ETC门架补光灯眩光测试系统（照度法）校准规范

## 1 范围

本规范适用于基于照度法眩光评价的ETC门架补光灯眩光测试系统的校准。

## 2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 245—2005 光照度计

GA/T 1202—2022 交通技术监控成像补光装置通用技术条件

JTG 6310—2022 收费公路联网收费技术标准

凡是注日期的引用文件，仅注日期版本适用于本规范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

## 3 术语

### 3.1 ETC门架补光灯眩光测试系统 ETCgantry fill light glare testing system

用于在高速公路上测量ETC门架补光灯眩光值的一种光学设备。

### 3.2 基准轴 reference axis

垂直于ETC门架补光灯出光面的水平投影面，并通过出光面几何中心的一条直线。

### 3.3 补光区域 fill light area

成像目标光照度得到增强的区域。

注：补光区域根据制造商在铭牌或说明书上的标称确定。

### 3.4 点亮时间 on time

ETC门架补光灯基准轴上的光照度大于1/10最大光照度的时间段，单位s。

### 3.5 基准轴最大光照度 maximum illuminance of the reference axis

测量周期内，ETC门架补光灯基准轴上光照度的最大值。

### 3.6 平均光照度 average illuminance

ETC门架补光灯基准轴上在任一周期时间内光照度函数的积分值与周期的比值，其表达式为：

$$E_a = \frac{\int_0^T f(t)dt}{T} \quad (1)$$

式中：

$E_a$ ——平均光照度，lx；

$T$ ——闪烁周期，s；

$f$ ——光照度函数。

[GA/T 1202—2022，3.5，有修改]

### 3.7 有效光照度 effective illuminance

ETC门架补光灯基准轴上在点亮时间内的平均光照度。

[JTG 6310—2022，D.3.4，有修改]

## 4 概述

ETC门架补光灯眩光测试系统（照度法）是用于在高速公路上测量ETC门架补光灯眩光的一种光学设备。

ETC门架补光灯眩光测试系统（照度法）利用光电探测器高速采集门架LED补光灯基准轴和补光区域的光照度，实时测量光照度、闪烁频率等数据，通过计算得到平均光照度和有效光照度等数据。

ETC门架补光灯眩光测试系统（照度法）一般由光电探测器、数据采集模块、数据处理模块、测量控制系统等部分组成。

## 5 计量特性

ETC门架补光灯眩光测试系统（照度法）的计量特性见表1。

表1 ETC门架补光灯眩光测试系统（照度法）的计量特性

序号	校准项目	测量范围	相对示值误差
1	基准轴最大光照度相对示值误差	(0.1~500) lx	±5%
2	平均光照度相对示值误差	(0.1~350) lx	±5%
3	有效光照度相对示值误差	(0.1~500) lx	±5%
4	平均光照度测量重复性	——	0.02 lx

注：对具有基准轴最大光照度测量功能的ETC门架补光灯眩光测试系统（照度法），才校准基准轴最大光照度相对示值误差。

## 6 校准条件

### 6.1 环境条件

6.1.1 环境温度为(20±5)℃，相对湿度小于85%RH；

6.1.2 校准应在光学暗室中进行，且校准光路上不应有影响校准结果的杂散光；

6.1.3 校准现场不应有影响校准结果的振动等相关干扰存在。

## 6.2 测量标准及其他设备

### 6.2.1 发光强度标准灯法

6.2.1.1 光度测量装置（光轨及滑车、灯架、灯丝平面调整仪、光阑等）、发光强度标准灯和电源与电测仪表：须满足JJG 245—2005中 6.1.1 条对各标准器计量性能的要求；

6.2.1.2 斩波器：斩波频率范围为1Hz~100 Hz；

6.2.1.3 二维转台：各转角示值误差均不超过 $\pm 5'$ 。

### 6.2.2 标准照度计法

6.2.2.1 照度计：标准级；

6.2.2.2 准直A光源：稳定性优于0.5%/（20 min内），相关色温为2856 K $\pm$ 50K；

6.2.2.3 斩波器：斩波频率范围为1Hz~100 Hz；

6.2.2.4 二维转台：各转角示值误差均不超过 $\pm 5'$ 。

注：校准时，发光强度标准灯法和标准照度计法任选其一，相应设备配备其一即可。

## 7 校准项目和校准方法

### 7.1 校准前检查

仪器应有如下标记：仪器名称、型号、编号、制造厂、生产日期；仪器不应有影响其正常使用的缺陷；仪器的光、机、电等零部件应接触良好、牢固可靠，显示字符清晰完整；光学镜头表面无污染、无擦伤、无划痕。

### 7.2 基准轴最大光照度相对示值误差

校准基准轴最大光照度相对示值误差的步骤如下：

7.2.1 点燃发光强度标准灯/准直A光源至稳定发光，将ETC门架补光灯眩光测试系统迎光安装于二维转台的校准工位上，ETC门架补光灯眩光测试系统光电探测器垂直于光路轴线，且中心点位于该轴线上。在光路上布置若干光阑；出光面与光电探测器的距离应大于出光面最大线度的15倍。

7.2.2 在照度（10~20）lx内任选一校准点，通过标准器（光度测量装置或标准照度计）确定照度标准值 $E_s$ 。

7.2.3 ETC门架补光灯眩光测试系统在二维转台的校准工位调整方位角时，ETC门架补光灯眩光测试系统光电探测器水平/垂直轴应与二维转台转轴重合，确保二维转台旋转时，光路轴线一直保持穿过光电探测器几何中心。

7.2.4 相对于水平面选取不少于3个方位角（推荐在 $5^\circ \sim 10^\circ$ 范围内选取1个角度作为光线与基准轴左右夹角，在 $15^\circ \sim 80^\circ$ 范围内选取2个角度作为光线与基准轴上下夹角）作为基准轴最大照度校准点。

7.2.5 按所需方位角调节二维转台，在方位角校准点读取基准轴最大照度值  $E_k$ ，按式（2）计算方位角校准点的基准轴最大光照度相对示值误差。

$$\tau = \frac{E_k - E_s}{E_s} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

$\tau$ ——方位角校准点的基准轴最大光照度相对示值误差，%；

$E_k$ ——ETC门架补光灯眩光测试系统在方位角校准点的基准轴最大照度值，lx；

$E_s$ ——标准器获得的基准轴最大照度值标准值，lx。

7.2.6 调节二维转台，改变ETC门架补光灯眩光测试系统方位角，重复上述7.2.5步骤，完成各方位角的校准。取各方位角处绝对值最大的基准轴最大光照度相对示值误差为ETC门架补光灯眩光测试系统基准轴最大光照度相对示值误差。

### 7.3 平均光照度相对示值误差

校准平均光照度相对示值误差的步骤如下：

7.3.1 将发光强度标准灯/准直A光源与标准器（光度测量装置或标准照度计）分别安装于校准工位上，相对放置，打开发光强度标准灯/准直A光源电源并预热，标准器（光度测量装置或标准照度计）光电探测器测试面垂直于发光强度标准灯/准直A光源光轴线，且中心点位于该轴线上；

7.3.2 将斩波器安装于发光强度标准灯/准直A光源出光口，斩波片垂直于光轴线，并且使光线能完整穿过叶片间隔；

7.3.3 在平均光照度（0.1~350）lx的测量范围内，选取不少于3个点（推荐选取1lx、50lx和350lx）作为平均光照度校准点；按所需照度校准点调节发光强度标准灯/准直A光源与标准器（光度测量装置或标准照度计）之间的距离，在每个校准点  $E_j$  通过标准器（光度测量装置或标准照度计）获取照度值3次，结合斩波器所使用的叶片占空比，分别计算出平均光照度标准值（理想方波时：平均光照度标准值等于有效光照度标准值乘以斩波器占空比），取其平均值作为校准点  $E_j$  的平均光照度标准值  $R_0$ ；

7.3.4 启动斩波器，将标准器（光度测量装置或标准照度计）替换为ETC门架补光灯眩光测试系统，使其光电探测器和标准器（光度测量装置或标准照度计）的光电探测器测试面处于同一位置；

7.3.5 待斩波器稳定后,启动ETC门架补光灯眩光测试系统,在每个校准点  $E_j$  记录ETC门架补光灯眩光测试系统采集的平均光照度,间隔1分钟记录1次,共记录3次数据,取算术平均值作为ETC门架补光灯眩光测试系统示值  $R$ ,按式

(3) 计算每个校准点  $E_j$  的平均光照度测量示值误差。

$$\Delta = \frac{R - R_0}{R_0} \times 100\% \quad (3)$$

式中:

$\Delta$ ——校准点  $E_j$  的平均光照度相对示值误差;

$R$ ——ETC门架补光灯眩光测试系统在校准点  $E_j$  的平均光照度算术平均值, lx;

$R_0$ ——标准器(光度测量装置或标准照度计)在校准点  $E_j$  得到的平均光照度标准值, lx。

$j$ ——平均光照度校准点的序号,  $j = 1, 2, 3$ 。

7.3.6 改变ETC门架补光灯眩光测试系统和发光强度标准灯/准直A光源之间的距离,重复上述7.3.3~7.3.5步骤,完成各校准点的校准。取各校准点处绝对值最大的平均光照度相对示值误差为ETC门架补光灯眩光测试系统平均光照度相对示值误差。

#### 7.4 有效光照度相对示值误差

校准有效光照度相对示值误差的步骤如下:

7.4.1 将发光强度标准灯/准直A光源与标准器(光度测量装置或标准照度计)分别安装于校准工位上,相对放置,打开发光强度标准灯/准直A光源电源并预热,标准器(光度测量装置或标准照度计)光电探测器测试面垂直于发光强度标准灯/准直A光源光轴线,且中心点位于该轴线上;

7.4.2 将斩波器安装于发光强度标准灯/准直A光源出光口,斩波片垂直于光轴线,并且使光线能完整穿过叶片间隔;

7.4.3 在有效光照度(0.1~500) lx的测量范围内,选取不少于3个点(推荐选取1 lx、50 lx和500 lx)作为有效光照度校准点,按所需照度校准点调节发光强度标准灯/准直A光源与标准器(光度测量装置或标准照度计)之间的距离,在每个校准点  $E_i$  通过标准器(光度测量装置或标准照度计)获取照度值3次,取其平均值作为校准点  $E_i$  的有效光照度标准值  $E_{i,s}$ ;

7.4.4 启动斩波器，将标准器（光度测量装置或标准照度计）替换为ETC门架补光灯眩光测试系统，使其光电探测器和标准器（光度测量装置或标准照度计）的光电探测器测试面处于同一位置；

7.4.5 待斩波器稳定后，启动ETC门架补光灯眩光测试系统，在每个校准点  $E_i$  记录ETC门架补光灯眩光测试系统采集的有效光照度，间隔1分钟记录1次，共记录3次数据，取算术平均值作为ETC门架补光灯眩光测试系统示值  $\bar{E}_i$ ，按式（4）计算每个校准点  $E_i$  的有效光照度测量示值误差。

$$\delta = \frac{\bar{E}_i - E_{i,s}}{E_{i,s}} \times 100\% \quad (4)$$

式中：

$\delta$ ——校准点  $E_i$  的有效光照度测量示值误差；

$\bar{E}_i$ ——ETC门架补光灯眩光测试系统在校准点  $E_i$  的有效光照度算术平均值，

lx；

$E_{i,s}$ ——标准器（光度测量装置或标准照度计）在校准点  $E_i$  得到的有效光照度标准值，lx。

$i$ ——有效光照度校准点序号， $i = 1, 2, 3$ 。

7.4.6 改变ETC门架补光灯眩光测试系统和A光源之间的距离，重复上述7.4.3~7.4.5步骤，完成各校准点的校准。取各校准点处绝对值最大的有效光照度相对示值误差为ETC门架补光灯眩光测试系统有效光照度相对示值误差。

## 7.5 平均光照度测量重复性

校准平均光照度测量重复性的步骤如下：

7.5.1 在每个平均光照度校准点，根据7.3测量的ETC门架补光灯眩光测试系统平均光照度值，按式（5）计算平均光照度测量重复性；

$$u(\bar{v}) = \frac{v_{\max} - v_{\min}}{C} \quad (5)$$

式中：

$u(\bar{v})$ ——平均光照度测量重复性，lx；

$v_{\max}$ ——ETC门架补光灯眩光测试系统测量的平均光照度最大值，lx；

$v_{\min}$ ——ETC门架补光灯眩光测试系统测量的平均光照度最小值，lx；

$C$ ——极差系数，测量3次时， $C=1.69$ 。

7.5.2 取各校准点处平均光照度测量重复性的最大值为ETC门架补光灯眩光测试系统平均光照度的测量重复性。

## 8 校准结果

### 8.1 校准记录

ETC门架补光灯眩光测试系统（照度法）的校准记录应信息齐全、内容完整，校准记录式样见附录 A。

### 8.2 校准证书

ETC门架补光灯眩光测试系统（照度法）的校准结果以校准证书的形式表达，校准证书包含的信息及内页式样见附录 B。

### 8.3 校准结果不确定度评定

ETC门架补光灯眩光测试系统（照度法）校准结果的不确定度评定按照 JJF 1059.1 进行，不确定度评定示例见附录 C。

## 9 复校时间间隔

ETC门架补光灯眩光测试系统（照度法）的复校时间间隔建议为12个月。由于复校时间间隔的长短是由ETC门架补光灯眩光测试系统（照度法）的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸因素所决定的，因此，送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

## 附录A

## ETC门架补光灯眩光测试系统（照度法）校准记录表式样

## A.1 ETC门架补光灯眩光测试系统（照度法）校准记录表首页

ETC门架补光灯眩光测试系统（照度法）校准记录表首页式样见表A.1。

表A.1 记录表首页

表格编号：

第 页，共 页

样品名称			样品编号		
型号规格			出厂编号		
制造单位					
送校单位					
校准依据			校准地点		
校准前样品状态			校准后样品状态		
校准环境	温度：_____℃ 湿度：_____RH				
所用测量标准 或主要设备	名称	编号	主要技术参数	溯源证书编号	溯源证书有效期
	使用前情况			使用后情况	
备注					

校准员：

核验员：

校准时间：

## A.2 ETC 门架补光灯眩光测试系统（照度法）校准记录表内页

ETC门架补光灯眩光测试系统（照度法）校准记录表内页式样见表 A.2。

表 A.2 ETC门架补光灯眩光测试系统（照度法）校准记录表

表格编号：

第 页，共 页

序号	项目	测量数据						
		方位角	测量值 (lx)			标准值 (lx)		示值误差 (%)
1	基准轴最大光照度相对示值误差							
2	平均光照度示值误差	校准点	测量值 (lx)			标准值 (lx)		示值误差 (%)
		1						
		2						
		3						
3	有效光照度示值误差	校准点	测量值 (lx)			标准值 (lx)		示值误差 (%)
		1						
		2						
		3						
4	平均光照度测量重复性	校准点	测量值 (lx)				测量重复性 (lx)	
		1						
		2						
		3						
5	不确定度描述							

校准员：

核验员：

校准时间：

## 附录B

### ETC门架补光灯眩光测试系统（照度法）校准证书信息及内页式样

#### B.1 校准证书信息

ETC门架补光灯眩光测试系统（照度法）校准证书应至少包括以下信息：

- a)标题“校准证书”；
- b)校准实验室名称和地址；
- c)进行校准的地点；
- d)证书编号、页码及总页数；
- e)客户的名称和联络信息；
- f)校准所依据的技术规范名称和代号；
- g)被校准仪器的信息；
- h)被校准仪器的接收日期；
- i)进行校准的日期；
- j)校准证书的批准日期；
- k)抽样计划、抽样方法和抽样日期（如有）；
- l)校准结果仅对校准对象有效的声明；
- m)校准证书批准人的签名或识别；
- n)校准时的环境条件；
- o)所用测量标准或主要设备的名称、编号、主要技术参数及溯源证书有效期；
- p)校准结果及其测量不确定度的说明；
- q)如可获得，任何调整或修理前后的结果；
- r)相关时，与要求或规范的符合性声明；
- s)已与客户达成协议时，给出复校时间间隔的建议。

## B.2 ETC门架补光灯眩光测试系统（照度法）校准结果内页式样

ETC门架补光灯眩光测试系统（照度法）校准结果内页式样见表B.1。

表 B.1 ETC门架补光灯眩光测试系统（照度法）校准结果

序号	项目	结果
1	基准轴最大光照度相对示值误差	
2	平均光照度相对示值误差	
3	有效光照度相对示值误差	
4	平均光照度测量重复性	

## 附录C

### ETC门架补光灯眩光测试系统（照度法）校准不确定度评定示例

#### C.1 概述

本附录对ETC门架补光灯眩光测试系统（照度法）的平均光照度相对示值误差进行不确定度评定。

#### C.2 测量模型

ETC门架补光灯眩光测试系统（照度法）平均光照度相对示值误差的测量模型如下：

$$\Delta = \frac{R - R_0}{R_0} \times 100\%$$

式中：

$\Delta$  —— 被校测量仪的照度误差，lx；

$R$  —— 被校测量仪照度示值，lx；

$R_0$  —— 照度的参考量值，lx。

#### C.2 不确定度分析

影响 $\Delta$ 的不确定度来源主要有：

- (1) 由标准照度计引入的不确定度  $u(R_0)$ ；
- (2) 由测量仪测量重复性引入的不确定度分量  $u_1(R)$ ；
- (3) 由斩波器占空比引入的不确定度分量  $u_2(R)$ ；
- (4) 由斩波器频率误差引入的不确定度分量  $u_3(R)$ 。

不确定度分量间均不相关。

#### C.3 合成标准不确定度计算公式

由测量模型可以得到，照度的不确定度：

$$u_c^2 = u^2(\Delta) = c^2(R)u^2(R) + c^2(R_0)u^2(R_0)$$

其中， $c_1 = c(R) = \frac{\partial \Delta}{\partial R} = \frac{1}{R_0}$ ， $c_2 = c(R_0) = \frac{\partial \Delta}{\partial R_0} = -\frac{R}{R_0^2}$

代入得：

$$u_c^2 = \left(\frac{1}{R_0}\right)^2 \cdot u^2(R) + \left(-\frac{R}{R_0^2}\right)^2 \cdot u^2(R_0)$$

#### C.4 不确定度分量的计算

##### C.4.1 由标准照度计引入的不确定度 $u(R_0)$

标准照度计的最大允许误差为  $\pm 1\%$ ，设其为均匀分布，则其引入的相对不确定度为  $0.6\%$  ( $k=1$ )。取典型照度值为  $R_0 = 397.7 \text{ lx}$ 。

由标准照度计引入的不确定度分量  $u(R_0) = u_{\text{rel}}(R_0) \cdot R_0 = 2.4 \text{ lx}$ 。

##### C.4.2 由测量仪测量重复性引入的不确定度分量 $u_1(R)$

在重复性条件下，根据校准方法，用某台测量仪分别进行 3 次重复性测量，算术平均值为  $401.5 \text{ lx}$ 。

用极差法计算标准差，则  $S_R = 0.06 \text{ lx}$ 。

$$u_1(R) = S_R$$

则  $u_1(R) = 0.06 \text{ lx}$ 。

##### C.4.3 由斩波器占空比引入的不确定度分量 $u_2(R)$

校准斩波器占空比，根据试验数据可知占空比变化对照度的影响值为  $2.6 \text{ lx}$ ，其为均匀分布，则  $k$  取  $\sqrt{3}$ 。

$$u_2(R) = \frac{a}{\sqrt{3}}$$

则  $u_2(R) = 1.5 \text{ lx}$ 。

##### C.4.4 由斩波器频率误差引入的不确定度分量 $u_3(R)$

校准斩波器频率，根据试验数据可知频率变化对照度的影响值为  $0.1 \text{ lx}$ ，其为均匀分布，则  $k$  取  $\sqrt{3}$ 。

$$u_3(R) = \frac{a}{\sqrt{3}}$$

则  $u_3(R) = 0.06 \text{ lx}$ 。

#### C.5 不确定度分量的评定

ETC 门架补光灯眩光测试系统（照度法）标准不确定度分量，及相关信息列于表 C.1。

表 C.1 不确定度分量汇总

不确定度来源	输入量的标准 不确定度 $u(R)/I_x$	灵敏系数 $c_i$	标准不确定度 分量 $u_i= c_i u(R)$	类别
标准照度计	2.4	$c_2$	0.60%	B
测量重复性	0.06	$c_1$	0.02%	A
斩波器占空比	1.5	$c_1$	0.38%	B
斩波器频率	0.06	$c_1$	0.02%	B

### C.6 合成标准不确定度和扩展不确定度

各标准不确定度分量彼此不相关，则合成标准不确定度为：

$$u_c^2 = u^2_1(R_0) + u^2_2(R) + u^2_3(R) + u^2_4(R)$$

合成标准不确定度  $u_c = 0.71\%$ 。

当  $k=2$  时，其扩展不确定度为：

$$U = 1.5\% , k=2$$