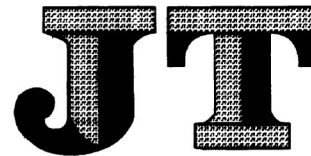


ICS 93.140;17.180

CCS R 60



中华人民共和国交通运输行业标准

JT/T 730—2023

代替 JT/T 730—2008

航标灯光强测量和灯光射程计算

**Luminous intensity measurement and luminous range calculation
of a navigation light**

2023-06-25 发布

2023-12-25 实施

中华人民共和国交通运输部 发 布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 航标灯光强测量 2

5 航标灯灯光射程计算 7

附录 A(规范性) 光谱失匹配校正方法 8

附录 B(规范性) 节奏光的有效光强计算方法 9

附录 C(资料性) 峰值-有效光强因子估算法 10

附录 D(资料性) 夜间航标灯光强与标称灯光射程对应关系 12

附录 E(资料性) 夜间不同气象能见度下的灯光射程图 14

参考文献 15

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分:标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替 JT/T 730—2008,与 JT/T 730—2008 相比,除结构调整和编辑性改动外,主要技术变化如下:

- 增加了“节奏光的有效光强”“灯光射程”“笔形光束”“扇形光束”“基准轴”“基准面”“分布光度计”“节奏光周期”“调制光”“阵列式航标灯”的术语和定义(见 3.1~3.10);
- 更改了“被测航标灯的定光光强”为“被测航标灯光强”(见 4.1,2008 年版的 4.1);
- 更改了“测量环境”为“实验室环境条件”,并更改了要求(见 4.2.1.1,2008 年版的 4.3);
- 更改了电源的供电要求(见 4.2.1.2,2008 年版的 4.2.1.4);
- 更改了测量设备中的“转台”为“分布光度计”,并更改了技术要求(见 4.2.2.1,2008 年版的 4.2.1.3);
- 增加了测量设备中分布光度计的测试几何图和原理示意图(见图 1、图 2);
- 更改了测量设备中的“照度计”为“光度计”,并更改了技术要求(见 4.2.2.2,2008 年版的 4.2.1.2);
- 增加了光谱辐射计的技术要求(见 4.2.2.3);
- 更改了航标灯的安装示意图(见图 3,2008 年版的图 1);
- 删除了测量设备中导轨、水平眼、照度计使用操作以及转台水平与垂直转轴的刻度置零的要求(见 2008 年版的 4.2.1.1、4.2.1.5、4.4.1.1、4.4.1.3);
- 更改了航标灯的固定、对准要求(见 4.2.3.1,2008 年版的 4.4.1.4);
- 更改了“航标灯的预热要求”为“测量前稳定的技术要求”(见 4.2.3.2,2008 年版的 4.4.1.2);
- 更改了“航标灯光强测量的距离要求”为“测量距离的技术要求”(见 4.2.3.3,2008 年版的 4.4.2.1);
- 更改了航标灯光强分布测量方法及要求(见 4.3.1,2008 年版的 4.4.2);
- 增加了阵列式航标灯的光强及其分布的测量方法(见 4.3.1.4,4.3.2.4);
- 增加了光强测量方向的要求(见 4.3.2.1);
- 更改了航标灯定光光强的测量方法(见 4.3.2.2,2008 年版的 4.4.2.2);
- 增加了航标灯节奏光的有效光强的测量方法(见 4.3.2.3);
- 更改了航标灯灯光射程计算公式,并且更改了“照度阈值”为“观察者眼睛的照度阈值”以及对应的具体数值[见公式(4),2008 年版的公式(5)];
- 增加了光谱失匹配校正方法(见附录 A);
- 增加了节奏光的有效光强计算方法(见附录 B);
- 增加了峰值-有效光强因子估算法(见附录 C);
- 更改了光强与射程对应表(见附录 D,2008 年版的附录 A);
- 增加了夜间不同气象能见度下的灯光射程图(见附录 E)。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由交通运输航测标准化技术委员会提出并归口。

本文件起草单位:交通运输部北海航海保障中心、杭州远方光电信息股份有限公司。

本文件主要起草人:王彦杰、孙小鹏、张临强、王凌燕、王进、安海伦、李陆江、刘庆、郑建华、张恒泉、

王海青、毛之江、陈聪、李倩、唐宪、郭小飞、李慧敏、孔富铨。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——1993 年首次发布为 JT/T 7007—1993；

——2008 年第一修订为 JT/T 730—2008；

——本次为第二次修订。

航标灯光强测量和灯光射程计算

1 范围

本文件规定了航标灯光强的测量方法和灯光射程的计算方法。
本文件适用于笔形光束航标灯和扇形光束航标灯的测量和计算。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 2900.65 电工术语 照明
GB/T 17765 航标术语
GB/T 39388—2020 照度计和亮度计的性能表征方法
JJG 246 发光强度标准灯检定规程

3 术语和定义

GB/T 17765、GB/T 2900.65 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

节奏光的有效光强 **effective intensity of rhythmic light**

在同样环境和探测设备条件下,若定光光源和节奏光光源两者的发光强度相等时的定光光源发光强度。

[来源:GB/T 17765—2021,3.1.19]

3.2

灯光射程 **luminous range**

由灯光的发光强度、大气透射率、灯光的背景条件和观察者眼睛的照度阈值四个因素所决定的灯光最大可见距离。

[来源:GB/T 17765—2021,3.1.14]

3.3

笔形光束 **pencil beam**

集中在某一直线方向周围发射出去呈笔形的光束。

3.4

扇形光束 **sector beam**

集中在一个面内或接近在一个面内发射的呈扇形的光束。

3.5

基准轴 **reference axis**

笔形光束所集中的直线。

注:基准轴通常参考制造商的使用说明或常用方式来确定。

3.6

基准面 reference plane

扇形光束所集中的面。

注 1:这个面一般为水平面,某些情况下为锥面。

注 2:基准面通常参考制造商的使用说明或常用方式来确定。

3.7

分布光度计 goniophotometer

测量光源、灯具、媒介或表面的方向性光分布特性的光度计。

[来源:GB/T 2900.65,845-05-22]

3.8

节奏光周期 period of a rhythmic light

航标灯节奏光自开始到以同样的节奏重复时所经历的时间间隔。

3.9

调制光 modulated light

航标灯在定光发光状态下,光度信号随时间周期性变化。

3.10

阵列式航标灯 array navigation light

同一发光方向上有 2 个或以上明显间隙发光区域的航标灯。

注:通常各个发光区域可以独立发光也可组合成阵列式发光。

4 航标灯光强测量

4.1 测量原理

根据兰伯特(Lambert)1760 年提出的照度距离平方反比定律,照度与到点光源的距离平方成反比,在光斜射的情况下,照度正比于光束方向与被照面的法线所成角度的余弦。照度计接收面上的照度计算按公式(1):

$$E = I \cdot \frac{\cos\theta}{l^2} \dots\dots\dots(1)$$

式中:

E ——照度计接收面上的照度,单位为勒克斯(lx);

I ——航标灯光强,单位为坎德拉(cd);

l ——航标灯的光源中心到照度计接收面的距离,单位为米(m);

θ ——航标灯被测方向上光束中心线与照度计接收面法线之间的夹角。

当 θ 等于零时, I 通过 E 按公式(2)计算得出:

$$I = E \cdot l^2 \dots\dots\dots(2)$$

4.2 测量要求

4.2.1 一般要求

4.2.1.1 实验室环境条件

除非另有规定,实验室环境应符合以下要求:

- a) 环境温度为 23 ℃ ±5 ℃;
- b) 环境相对湿度为 10% ~65%;

- c) 无影响试验精度的烟、尘、水汽、机械振动、电磁和光照等干扰；
- d) 实验室为暗室环境,暗室内墙壁涂以无光黑漆,测试设备、挡板及其他测试附件均采取无反光措施。

4.2.1.2 供电要求

被测航标灯应在额定电压或额定电流下工作,对于不同供电方式的航标灯符合以下要求:

- a) 对于交流供电的航标灯,在负载条件下施加在被测航标灯上的交流电源电压(RMS 电压)应能调节至额定值的 $\pm 0.2\%$ 以内,若额定值是一个范围则取中间值。交流电源应为具有规定频率(如无特殊说明则为 $50\text{ Hz} \pm 3\text{ Hz}$)的正弦电压波形,总谐波失真或谐波分量的 RMS 总和不应超过基波频率的 3%。
- b) 对于直流供电的航标灯,在负载条件下施加在被测航标上的直流电源电压应稳定在额定值的 $\pm 0.2\%$ 以内。直流电压的交流分量(RMS 值)或纹波系数不应超过直流电压的 0.5%。

4.2.2 测量设备

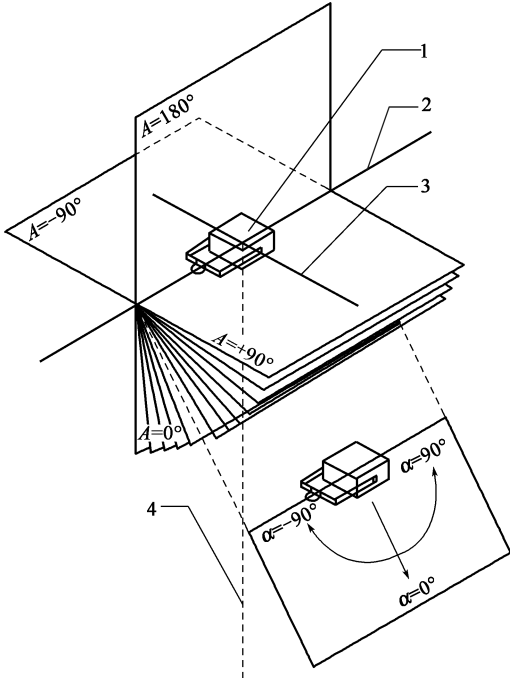
4.2.2.1 分布光度计

4.2.2.1.1 分布光度计应由旋转工作台(用于支承、定位被测航标灯的机械机构)、光度计、传感器和测量信号处理系统组成。

4.2.2.1.2 光度计也可被光谱辐射计取代,通过测量光谱并积分计算得到光度值。

4.2.2.1.3 分布光度计应满足如下要求:

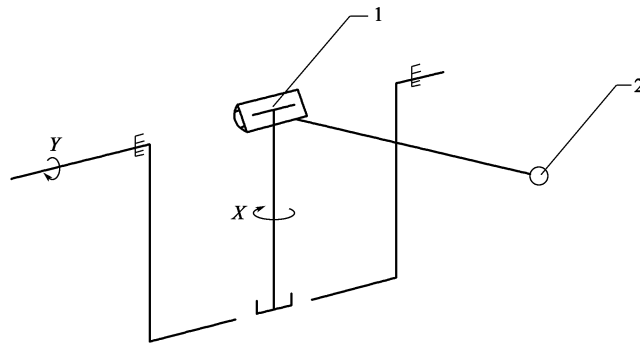
- 具有良好的消杂散光性能,置于测光暗室中,或测量光路在遮光筒的遮蔽下不被外界杂散光干扰;
- 采用符合 JJG 246 要求的发光强度标准灯进行校准;
- 旋转工作台的中心到光度计接收面的距离满足 4.2.3.3 的要求,必要时设置光度导轨;
- 采用的光度计满足 4.2.2.2 的要求,若采用光谱辐射计则满足 4.2.2.3 的要求;
- 旋转工作台采用图 1 所示的 A- α 测量几何,典型的分布光度计原理如图 2 所示;角度范围满足: A 平面 $-180^\circ \sim 180^\circ$, α 从 $-90^\circ \sim 90^\circ$;角度精度在 $\pm 0.05^\circ$ 以内;最小角度测量步距不大于 0.1° 。



标引序号说明:

- 1——被测航标灯;
- 2——航标灯的第三根轴;
- 3——航标灯的第二根轴;
- 4——航标灯的第一根轴。

图 1 A- α 测量几何示意图



标引序号说明：
1——被测航标灯；
2——光度计。

图2 A-α分布光度计原理示意图

4.2.2.2 度计

- 4.2.2.2.1 光度计相对光谱响应度 $[V(\lambda)]$ 的失匹配系数(f'_1)应小于或等于6%，测量灵敏度应高于0.001 lx，线性度应优于1%。
- 4.2.2.2.2 常规光度计，在测量调制光时获得调制光的平均值，应具有较低的调制光依赖性，按GB/T 39388—2020中5.12，在100 Hz下的频闪光指数(f_7)应不大于0.1%，在40 Hz和100 000 Hz下的 f_7 应不大于5%。
- 4.2.2.2.3 快速光度计，测量光度量的瞬时值，其响应时间应不大于10 μs，采样频率应不小于20 000 Hz。
- 4.2.2.2.4 对发射白光的航标灯进行测量时，宜对光谱失匹配误差进行校正。对发射彩色光(如红色、黄色、绿色、蓝色单色光)的航标灯进行测量时，应按附录A所述的方法针对不同灯光颜色分别进行光谱失匹配误差校正。

4.2.2.3 光谱辐射计

光谱辐射计波长范围应至少覆盖380 nm~780 nm，带宽(半峰带宽)应不大于5 nm，波长准确度应高于±0.5 nm，在可见光波段内的光度线性度应优于1%。

4.2.3 测量准备

4.2.3.1 航标灯安装

待测航标灯应固定安装在旋转工作台上，调整航标灯，使航标灯的光度中心与旋转工作台的旋转中心重合。应保证光度计与旋转工作台的旋转中心等高，并对准待测航标灯的光度中心。

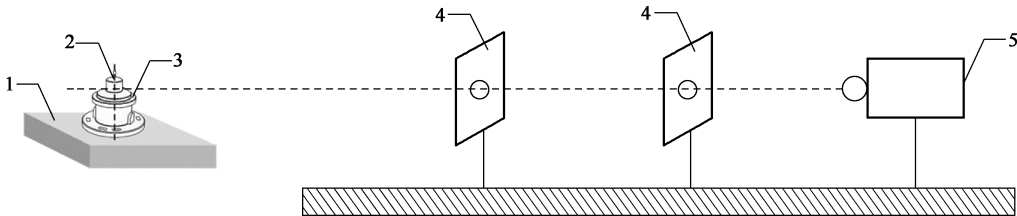
一个装置的光度中心应在其发光面轮廓立体图形的中心处。典型的航标灯安装示意图3。

当使用分布光度计测量阵列式航标灯的光强或者光强分布时，若整体点亮按4.2.3.3的方法无法确定测量距离，则应对每个发光区域分别测量，测量时对准每个发光区域的光度中心。

4.2.3.2 航标灯稳定

在进行测量之前，被测航标灯应在指定灯质下预热达到光度、电气稳定以及温度平衡。在稳定期间，航标灯应在4.2.1.2规定的供电条件下操作。采用光度计持续监测被测航标灯的光输出，当满足以下条件时可判定为稳定：

- 定光状态下,每间隔 5 min,测量一次光度值,三次测量值中最大值与最小值之差与最后一次测量值的比值小于 0.5% ;
- 节奏光状态下,使用快速光度计每间隔 5 min,提取一组 4 倍节奏光周期的光波形,计算有效光强值,三次有效光强测量值中最大值与最小值之差与最后一次测量值的比值小于 0.5% 。



标引序号说明:
1——分布光度计旋转工作台; 3——航标灯; 5——光度计。
2——航标灯光度中心; 4——挡板;

图 3 典型航标灯安装示意图

当被测航标灯切换到不同灯质或颜色进行后续测量时,应根据上述条件重新判定稳定后方可进行测量。

4.2.3.3 测量距离确定

航标灯在定光状态下,光度计与航标灯的初始距离为被测航标灯具发光面最大尺寸的 20 倍,以 1 m 的距离递增,改变光度计与航标灯光度中心的相对距离,并测量各距离下的光强值,直至三次测量值中最大值与最小值之差与最后一次测量值的比值小于 0.5% 为止。

航标灯到光谱辐射计的距离不作要求。

4.3 测量方法

4.3.1 分布测量

4.3.1.1 航标灯设置

航标灯的光强分布一般宜在定光状态下进行测量。

4.3.1.2 笔形光束光强分布测量

分布光度计旋转工作台从基准轴开始以不大于 0.1° 的角度间隔分别在水平方向和垂直方向上进行旋转扫描,扫描范围应不小于被测航标灯相应标称光束发散角的 2 倍。光度计在每个角度下进行光度采集并提取光度信号,测得照度值 $\cdots\cdots E_3、E_2、E_1、E_0、E_{-1}、E_{-2}、E_{-3}\cdots\cdots$ 按公式(B.1)计算得到每一个角度下的光强值 $\cdots\cdots I_3、I_2、I_1、I_0、I_{-1}、I_{-2}、I_{-3}\cdots\cdots$ 分别绘制水平光强分布曲线和垂直光强分布曲线。

4.3.1.3 扇形光束光强分布测量

分布光度计旋转工作台以不大于 1° 的角度间隔在水平基准面上进行旋转扫描,扫描范围应不小于被测航标灯标称的光束水平发散范围,光度计在每个角度下进行光度采集并提取光度信号,测得照度值 $E_1、E_2\cdots\cdots E_n$,按公式(B.1)计算得到每一个角度下的光强值 $I_1、I_2\cdots\cdots I_n$,绘制扇形光束航标灯的水平光强分布曲线。从基准面上开始分布光度计旋转工作台以不大于 0.1° 的角度间隔在垂直方向上进行旋转扫描,扫描范围应不小于被测航标灯标称光束垂直发散角的 2 倍,光度计在每个角度下进行光度采集并提取光度信号,测得照度值 $\cdots\cdots E_3、E_2、E_1、E_0、E_{-1}、E_{-2}、E_{-3}\cdots\cdots$ 按附录 B 中的公式(B.1)计算得

到每一个角度下的光强值…… I_3 、 I_2 、 I_1 、 I_0 、 I_{-1} 、 I_{-2} 、 I_{-3} ……绘制垂直光强分布曲线。

4.3.1.4 阵列式航标灯光强分布测量

对于阵列式航标灯,应按 4.3.1.2 或 4.3.1.3 的方法对各发光区域分别测量每一个角度下的光强值,将各发光区域的光强值按角度对应相加,得到整个航标灯每一个角度下的光强值,绘制光强分布曲线。

4.3.2 量值测量

4.3.2.1 测量方向

对于笔形光束航标灯,光强的测量方向为基准轴方向;对于扇形光束航标灯,在基准面上取 4.3.1.3 测得的任意一个第十百分位光强所在方向为光强的测量方向;对于笔形光束阵列式航标灯,各发光区域光强的测量方向为各自的基准轴方向;对于扇形光束阵列式航标灯,在各发光区域基准面上取 4.3.1.4 测得的任意一个第十百分位光强所在方向为光强的测量方向。

一般情况下,将光强的测量方向记为(0,0)方向。

注:第十百分位光强指在测得的光强值中,90%的测量值高于该光强。

4.3.2.2 定光光强测量

4.3.2.2.1 常规光度计测量

用常规光度计在 4.3.2.1 所述(0,0)方向上进行光强测量,取三组读数的平均值得到定光光强 I_d 。

如果被测航标灯是调制光,应确保三次测量值中最大值与最小值之差与最后一次测量值的比值小于 1%,否则应采用快速光度计进行光强的测量。

4.3.2.2.2 快速光度计测量

用快速光度计在 4.3.2.1 所述(0,0)方向上采集 1 s 的光强随时间变化曲线,找到调制光的调制周期,取整周期光强的平均值作为调制光航标灯的定光光强 I_d 。

4.3.2.3 节奏光的有效光强测量

4.3.2.3.1 直接测量方法

将航标灯设置为节奏光状态,按 4.2.3.2 要求稳定后,在 4.2.3.3 确定的测量距离下,在 4.3.2.1 所述(0,0)方向上,用快速光度计测量航标灯瞬时光强随时间变化的曲线 $I(t)$ 。快速光度计的采样频率不小于 500 Hz,采样时长不小于节奏光的闪光周期。若被测航标灯为调制光,快速光度计的采样频率应不小于调制光频率的两倍。按照附录 B 所述的方法计算各闪光有效光强的最小值 I_{eff} 。重复测量三次,计算平均值作为航标灯节奏光的有效光强值 $I_{0,\text{eff}}$ 。

4.3.2.3.2 换算测量方法

将航标灯设置为定光状态,在 4.2.3.3 确定的测量距离下,按 4.3.2.2 的方法测量三次航标灯的定光光强 I_d ,三次测量值中最大值与最小值之差与最后一次测量值的比值小于 1%,方可应用本方法。

用快速光度计采集任意一个位置处的定光照度值 E_d 。将航标灯设置为节奏光状态,待稳定后,用快速光度计测量同一位置处照度随时间变化的曲线 $E(t)$ 。快速光度计的采样频率不小于 500 Hz,采样时长不小于节奏光的闪光周期。若被测航标灯为调制光,快速光度计的采样频率应不小于调制光频率的两倍。按公式(3)计算得到被测航标灯(0,0)方向上光强随时间变化的曲线 $I(t)$ 。

$$I(t) = E(t) \cdot \frac{I_d}{E_d} \dots\dots\dots(3)$$

式中：
 $I(t)$ ——被测航标灯光强随时间变化的曲线；
 $E(t)$ ——被测航标灯照度随时间变化的曲线；
 I_d ——被测航标灯定光光强，取三次测量的平均值，单位为坎德拉(cd)；
 E_d ——被测航标灯某一位置处的定光状态照度值，单位为勒克斯(lx)。
利用光强随时间变化的曲线 $I(t)$ 按照附录 B 的方法计算航标灯节奏光的有效光强值 $I_{0,eff}$ 。

4.3.2.3.3 估算测量方法

对于要求不高的场合，可以通过查表方式估算出节奏光的有效光强。
将航标灯按 4.2.3.1 要求安装在分布光度计中，在定光状态下，按照 4.3.2.2 的方法测量航标灯的定光光强 I_d 。根据航标灯的光波形以及灯质信息，参照附录 C 的方法估算得到航标灯节奏光的有效光强值 $I_{0,eff}$ 。

4.3.2.4 阵列式航标灯的光强测量

对于阵列式航标灯，应按 4.3.2.2 或 4.3.2.3 的方法对各发光区域在 4.3.2.1 所述(0,0)方向上分别进行测量，将相同发光方向上的所有发光区域光强值相加，得到阵列式航标灯的定光光强值 I_d 或节奏光的有效光强值 $I_{0,eff}$ 。

5 航标灯灯光射程计算

5.1 采用阿拉特定律(Allard’ s law)，航标灯的光强与灯光射程之间的关系见公式(4)，根据航标灯的光强计算灯光射程。

$$I = E_r \cdot D^2 \cdot 0.05^{-D/V} \dots\dots\dots(4)$$

式中：
 E_r ——观察者眼睛的照度阈值，单位为勒克斯(lx)；
 D ——灯光射程，单位为米(m)；
 V ——气象能见度，单位为米(m)。

5.2 夜间航标灯光强与标称灯光射程的换算见附录 D。
5.3 夜间不同气象能见度下的灯光射程与光强的关系见附录 E。

附录 A

(规范性)

光谱失匹配校正方法

光度计测试航标灯的光谱失匹配误差应按以下方法进行校正。按公式(A.1)计算光谱失匹配校正系数,将光度计的测量值乘以光谱失匹配校正系数得到校正后的光度值。

$$F^* = \frac{\int_{\lambda} S_A(\lambda) S_{\text{rel}}(\lambda) d\lambda \int_{\lambda} S_t(\lambda) V(\lambda) d\lambda}{\int_{\lambda} S_A(\lambda) V(\lambda) d\lambda \int_{\lambda} S_t(\lambda) S_{\text{rel}}(\lambda) d\lambda} \quad (380 \text{ nm} \leq \lambda \leq 780 \text{ nm}) \quad \dots\dots\dots(\text{A.1})$$

式中:

- F^* ——光谱失匹配校正系数;
- $S_t(\lambda)$ ——被测航标灯光谱功率分布;
- $S_A(\lambda)$ ——CIE 标准光源 A 的光谱分布,见 GB/T 3978—2008 表 1;
- $V(\lambda)$ ——人眼光视效率函数,见 GB/T 20151—2006 表 1;
- $S_{\text{rel}}(\lambda)$ ——光度计的相对光谱响应度。

若无法获得光谱失匹配校正系数,即可使用严格替代方法进行误差校正:在被测航标灯的同一发光状态、同一位置处采用校准过的光谱辐射计和光度计分别测量航标灯的光度值,按公式(A.2)计算得到校正系数。光度计的测量值乘以校正系数得到校正过的光度值。

$$K = \frac{S_1}{S_2} \quad \dots\dots\dots(\text{A.2})$$

式中:

- S_1 ——校准过的光谱辐射计测试被测航标灯的光度值;
- S_2 ——光度计测试被测航标灯的光度值;
- K ——光度计的校正系数。

附 录 B

(规范性)

节奏光的有效光强计算方法

节奏光的有效光强 $I_{0,\text{eff}}$ 按照修正的阿拉德方法(Modified Allard Method, MAM)采用卷积方法计算,按公式(B.1)计算。

$$I_{0,\text{eff}} = \max_t \left\{ \int_{-\infty}^{+\infty} I(t-t') \cdot q(t') dt' \right\} \quad \dots\dots\dots (\text{B.1})$$

式中:

$q(t)$ ——视觉系统响应函数。

$q(t)$ 按公式(B.2)计算。

$$q(t) = \begin{cases} \frac{a}{(a+t)^2} & (t \geq 0) \\ 0 & (t < 0) \end{cases} \quad \dots\dots\dots (\text{B.2})$$

式中:

a ——视觉时间常数, $a=0.2\text{s}$ (蓝光), $a=0.1\text{s}$ (非蓝光)。

当航标灯一个闪光周期内包含多个闪光时,应对每个闪光逐个进行测量,并按公式(B.1)计算其有效光强,取所有计算结果的最小值作为该航标灯节奏光的有效光强。

附录 C

(资料性)

峰值-有效光强因子估算法

对于常见的节奏光波形,可通过峰值-有效光强因子来估算节奏光的有效光强,按公式(C.1)计算。

$$I_{0,\text{eff}} = k \cdot I_{\text{peak}} \quad \dots\dots\dots (\text{C.1})$$

式中:

k ——峰值-有效光强因子。表 C.1 和表 C.2 列出了常见的节奏光形状在不同持续时间下对应的峰值-有效光强因子取值。

I_{peak} ——节奏光峰值光强。

示例:

对于非蓝光($a = 0.1 \text{ s}$),闪光的光波形为矩形,持续时间 0.5 s 的节奏光,通过查表 C.2,峰值-有效光强因子值为 0.833 ,若节奏光峰值光强为 200 cd ,则该节奏光的有效光强值 $I_{0,\text{eff}} = 0.833 \times 200 \text{ cd} = 166.6 \text{ cd}$ 。

表 C.1 和 C.2 提供了通过 MAM 计算的一些常见节奏光形状的峰值-有效光强因子,包括蓝光和非蓝光两种不同的视觉常数。

多次闪光的航标灯,明暗持续时间之比超过 0.8 时,可按照单次闪光来进行估算,否则,需采用 MAM 计算航标灯节奏光的有效光强。

表 C.1 蓝光航标灯峰值-有效光强因子

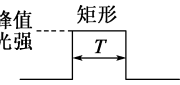
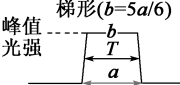
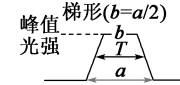
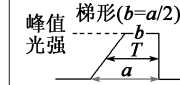
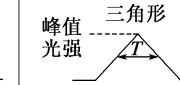
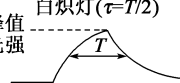
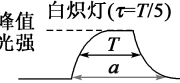
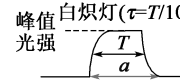
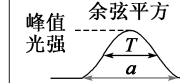
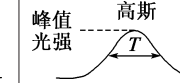
50% 峰值光强 处的持续 时间 $T(\text{s})$	峰值 光强 	峰值 光强 梯形($b=5a/6$) 	峰值 光强 梯形($b=a/2$) 	峰值 光强 梯形($b=a/2$) 	峰值 光强 三角形 
0.01	0.048	0.048	0.047	0.048	0.046
0.02	0.091	0.091	0.089	0.090	0.084
0.05	0.200	0.199	0.191	0.198	0.173
0.1	0.333	0.330	0.313	0.331	0.274
0.2	0.500	0.494	0.467	0.495	0.398
0.5	0.714	0.708	0.678	0.709	0.572
1	0.833	0.829	0.806	0.829	0.692
2	0.909	0.906	0.892	0.892	0.791
5	0.962	0.960	0.954	0.946	0.884
50% 峰值光强 处的持续 时间 $T(\text{s})$	峰值 光强 白炽灯($\tau=T/2$) 	峰值 光强 白炽灯($\tau=T/5$) 	峰值 光强 白炽灯($\tau=T/10$) 	峰值 光强 余弦平方 	峰值 光强 高斯 
0.01	0.047	0.046	0.047	0.046	0.048
0.02	0.085	0.085	0.088	0.086	0.088
0.05	0.173	0.182	0.191	0.180	0.184
0.1	0.274	0.300	0.316	0.290	0.292
0.2	0.403	0.451	0.476	0.426	0.400
0.5	0.593	0.662	0.691	0.616	0.513

表 C.1 蓝光航标灯峰值-有效光强因子(续)

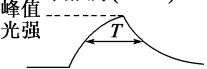
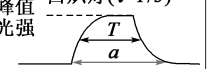
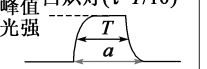
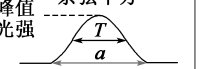
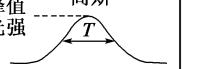
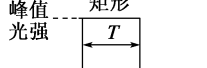
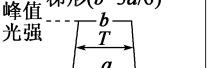
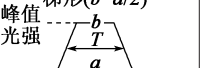
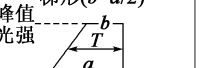
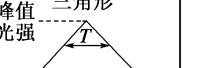
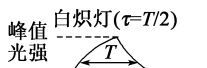
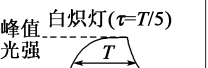
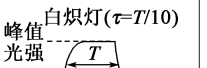
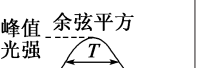
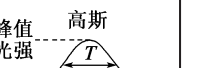
50% 峰值光强 处的持续 时间 T (s)	峰值 光强 白炽灯($\tau=T/2$) 	峰值 光强 白炽灯($\tau=T/5$) 	峰值 光强 白炽灯($\tau=T/10$) 	峰值 光强 余弦平方 	峰值 光强 高斯 
1	0.723	0.792	0.816	0.741	0.598
2	0.825	0.881	0.899	0.837	0.685
5	0.912	0.948	0.957	0.919	0.789
注:白炽灯光波形中的参数 τ 代表上升时间。					

表 C.2 非蓝光航标灯峰值-有效因子

50% 峰值光强 处的持续 时间 T (s)	峰值 光强 矩形 	峰值 光强 梯形($b=5a/6$) 	峰值 光强 梯形($b=a/2$) 	峰值 光强 梯形($b=a/2$) 	峰值 光强 三角形 
0.01	0.091	0.091	0.089	0.092	0.084
0.02	0.167	0.166	0.160	0.152	0.155
0.05	0.333	0.330	0.313	0.330	0.274
0.1	0.500	0.494	0.467	0.496	0.398
0.2	0.667	0.660	0.630	0.661	0.530
0.5	0.833	0.829	0.806	0.829	0.692
1	0.909	0.906	0.892	0.906	0.791
2	0.952	0.951	0.943	0.943	0.865
5	0.980	0.980	0.976	0.972	0.929
50% 峰值光强 处的持续 时间 T (s)	峰值 光强 白炽灯($\tau=T/2$) 	峰值 光强 白炽灯($\tau=T/5$) 	峰值 光强 白炽灯($\tau=T/10$) 	峰值 光强 余弦平方 	峰值 光强 高斯 
0.01	0.085	0.086	0.088	0.086	0.088
0.02	0.147	0.153	0.160	0.152	0.155
0.05	0.274	0.300	0.316	0.290	0.293
0.1	0.403	0.451	0.476	0.426	0.427
0.2	0.547	0.613	0.642	0.571	0.545
0.5	0.723	0.792	0.816	0.741	0.646
1	0.825	0.881	0.899	0.837	0.714
2	0.895	0.936	0.946	0.903	0.781
5	0.950	0.973	0.978	0.954	0.857

附 录 D

(资料性)

夜间航标灯光强与标称灯光射程对应关系

标称灯光射程是气象能见度为 10 n mile (18 520 m, 纬度 45°), 观察者眼睛的照度阈值 E_r 夜间为 $2 \times 10^{-7} \text{ lx}$, E_r 白天为 $1 \times 10^{-3} \text{ lx}$ 下的灯光射程。

夜间航标灯光强与标称灯光射程换算表见表 D. 1。

表 D. 1 夜间航标灯光强与标称灯光射程换算

光强 (cd)	射程		光强 (cd)	射程	
	(km)	(n mile)		(km)	(n mile)
0.5	1.41	0.76	50	8.17	4.41
0.9	1.85	1.00	55	8.41	4.54
1	1.91	1.03	60	8.63	4.66
2	2.57	1.39	65	8.83	4.77
3	3.03	1.63	70	9.02	4.87
4	3.39	1.83	75	9.20	4.97
5	3.70	2.00	76.7	9.26	5.00
6	3.97	2.14	80	9.37	5.06
7	4.20	2.27	85	9.53	5.15
8	4.42	2.38	90	9.69	5.23
9	4.61	2.49	95	9.84	5.31
10	4.79	2.59	100	9.98	5.39
11	4.96	2.68	110	10.24	5.53
12	5.11	2.76	120	10.49	5.67
13	5.26	2.84	130	10.72	5.79
14	5.40	2.91	140	10.93	5.90
15	5.53	2.98	150	11.13	6.00
15.2	5.56	3.00	160	11.32	6.11
16	5.65	3.05	170	11.50	6.21
17	5.77	3.11	180	11.67	6.30
18	5.88	3.18	190	11.84	6.39
19	5.99	3.23	200	11.99	6.47
20	6.09	3.29	220	12.28	6.63
22	6.30	3.40	240	12.55	6.78
25	6.57	3.55	270	12.92	6.98
30	6.97	3.76	274.2	12.97	7.00
35	7.32	3.95	300	13.26	7.16
36.4	7.41	4.00	330	13.56	7.32
40	7.63	4.12	360	13.85	7.48
45	7.91	4.27	400	14.19	—

表 D.1 夜间航标灯光强与标称灯光射程换算(续)

光强 (cd)	射程		光强 (cd)	射程	
	(km)	(n mile)		(km)	(n mile)
450	14.58	7.87	6 000	24.29	13.12
482.8	14.82	8.00	7 000	24.93	13.46
500	14.94	8.06	8 000	25.48	13.76
550	15.26	8.24	9 000	25.97	14.02
600	15.56	8.40	10 000	26.41	14.26
650	15.84	8.55	15 000	28.14	15.19
700	16.10	8.69	20 000	29.38	15.86
800	16.56	8.94	30 000	31.16	16.83
900	16.98	9.17	40 000	32.43	17.51
1 000	17.36	9.37	50 000	33.44	18.06
1 100	17.71	9.56	70 000	34.97	18.88
1 200	18.03	9.74	100 000	36.61	19.77
1 300	18.32	9.89	150 000	38.49	20.78
1 400	18.60	10.04	200 000	39.85	21.52
1 500	18.85	10.18	300 000	41.77	22.55
1 600	19.09	10.31	400 000	42.15	23.30
1 700	19.32	10.43	500 000	44.22	23.88
1 800	19.54	10.55	700 000	45.85	24.76
1 900	19.74	10.66	1 000 000	47.60	25.70
2 000	19.94	10.77	1 500 000	49.60	26.78
2 200	20.30	10.96	2 000 000	51.02	27.55
2 400	20.64	11.14	3 000 000	53.05	28.64
2 700	21.09	11.39	4 000 000	54.49	29.42
3 000	21.51	11.61	5 000 000	55.62	30.03
3 500	22.12	11.94	7 000 000	57.32	30.95
4 000	22.65	12.23	10 000 000	59.14	31.93
5 000	23.55	12.72	15 000 000	61.22	33.06

附录 E

(资料性)

夜间不同气象能见度下的灯光射程图

夜间不同气象能见度下的灯光射程与光强的关系见图 E.1。

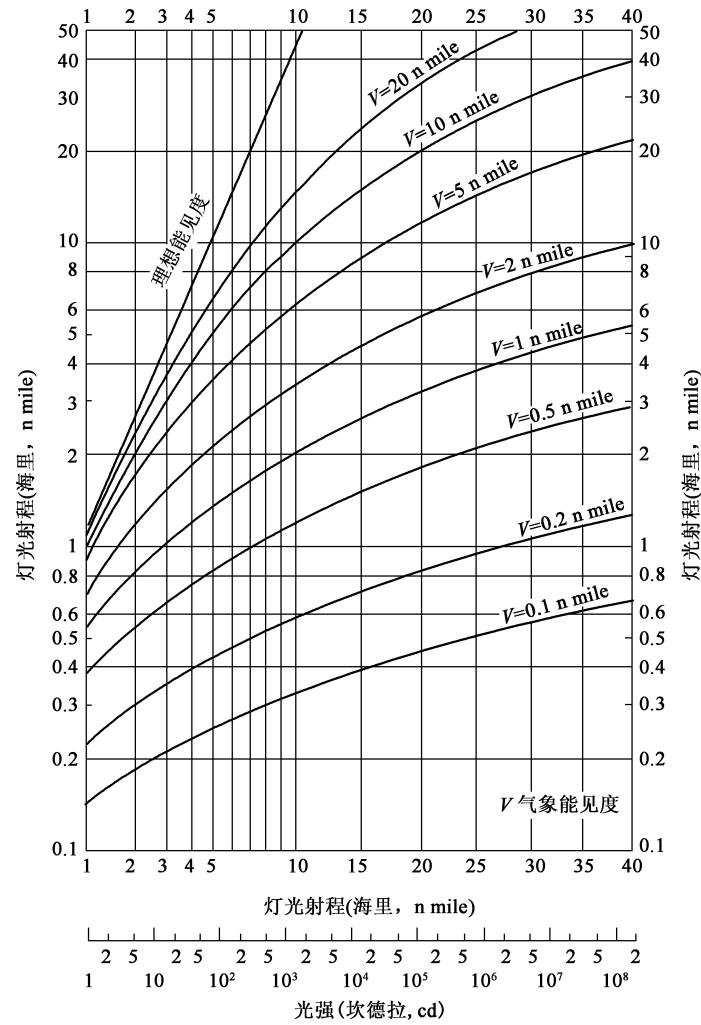


图 E.1 灯光射程图

参 考 文 献

- [1] GB/T 3978—2008 标准照明体和几何条件
 - [2] GB/T 20151—2006 光度学 CIE 物理光度系统
 - [3] CIE 229:2018 Groundwork for Measurement of Effective Intensity of Flashing Lights
 - [4] IALA G1135 Determination and Calculation of Effective Intensity
 - [5] IALA R0202(E200-2) Marine Signal Lights—Calculation, Definition and Notation of Luminous Range
 - [6] IALA R0204(E200-4) Marine Signal Lights—Determination and Calculation of Effective Intensity
-

