ICS 13.180
CCS A 25

中华人民共和国国家标准

GB/T 5700—2023
代替 GB/T 5700—2008

照明测量方法

Methods of lighting measurement

2023-12-28 发布　　2024-07-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会　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　一般要求 …… 4
4.1　测量目的 …… 4
4.2　测量条件 …… 4
4.3　测量内容 …… 5
5　测量仪器 …… 6
5.1　照度计 …… 6
5.2　亮度计 …… 6
5.3　光谱辐射计 …… 6
5.4　频闪分析仪 …… 6
5.5　功率计 …… 6
5.6　电压表 …… 6
5.7　电流表 …… 6
5.8　测距仪器 …… 6
6　测量方法 …… 7
6.1　照度或光谱辐照度的测量 …… 7
6.2　亮度的测量 …… 9
6.3　反射比的测量 …… 9
6.4　现场的色温和显色指数测量 …… 10
6.5　眩光的测量 …… 10
6.6　频闪的测量 …… 13
6.7　照明电参数的测量 …… 13
7　建筑照明测量 …… 14
7.1　一般规定 …… 14
7.2　居住建筑照明测量 …… 14
7.3　公共建筑照明测量 …… 14
7.4　工业建筑照明测量 …… 15
8　道路照明测量 …… 15
8.1　机动车道照明测量 …… 15
8.2　隧道照明测量 …… 19

8.3 交会区照明测量 …… 19
8.4 人行道照明测量 …… 19
9 夜景照明测量 …… 20
9.1 一般规定 …… 20
9.2 建筑物和构筑物夜景照明测量 …… 20
9.3 广场、公园照明测量 …… 20
9.4 广告标识照明测量 …… 21
9.5 室外照明干扰光测量 …… 21
10 室外作业场地照明测量 …… 21
附录 A（资料性） 不同感光蛋白的光谱响应曲线 …… 22
附录 B（资料性） 光谱直接透射率修正系数 …… 36
附录 C（规范性） 阈值增量的计算 …… 40
附录 D（规范性） 各场所照明测点布置 …… 41
参考文献 …… 47

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 GB/T 5700—2008《照明测量方法》，与 GB/T 5700—2008 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

a) 更改了关于测量条件的规定（见 4.2，2008 年版的 4.2）；
b) 更改了关于测量内容的规定（见 4.3，2008 年版的 4.3）；
c) 关于亮度计要求中增加了图像式亮度计的规定（见 5.2.3）；
d) 增加了关于光谱辐射计、频闪分析仪、测距仪器的规定（见 5.3、5.4 和 5.8）；
e) 更改了照度或光谱辐照度、亮度、现场色温和显色指数、眩光、照明电参数测量的方法规定（见 6.1、6.2、6.4、6.5、6.7，2008 年版的 6.1、6.2、6.4、6.5）；
f) 增加了眩光、频闪的测量规定（见 6.5、6.6）；
g) 增加了应急照明测量相关规定（见 7.1）；
h) 道路照明测量中增加了隧道照明测量规定（见 8.2）；
i) 夜景照明测量中增加了关于广告标识照明和室外照明干扰光测量的相关规定（见 9.4、9.5）；
j) 增加了室外作业场地照明测量的规定（见第 10 章）；
k) 增加了阈值增量计算的规范性附录（见附录 C）。

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。

本文件由全国人类工效学标准化技术委员会（SAC/TC 7）提出并归口。

本文件起草单位：中国建筑科学研究院有限公司、中国标准化研究院、国家节能中心、昕诺飞（中国）投资有限公司、厦门立达信数字教育科技有限公司、杭州华普永明光电股份有限公司、北京市城市照明管理中心、常州市城市照明管理处、眉山市路灯管理处、北京清城品盛照明研究院有限公司、建科环能科技有限公司。

本文件主要起草人：王书晓、张欣、张滨、冉令华、周雅男、凌伟、黄峰、陈玉嫦、韩燕华、陈春光、张洪铭、马晔、高雅春、荆星、丁迎彬、赵华、杨武洲、吴寡、张恭铭、贾政焱。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——1985 年首次发布为 GB/T 5700—1985；
——2008 年第一次修订时，并入了 GB/T 15240—1994《室外照明测量方法》的内容；
——本次为第二次修订。

照明测量方法

1 范围

本文件规定了照明测量的一般要求、测量仪器和测量方法，以及建筑照明测量、道路照明测量、夜景照明测量和室外作业场地照明测量的实施方法。

本文件适用于建筑、道路、夜景和室外作业场地的照明测量，其他场所照明测量可参照执行。

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 5697 人类工效学照明术语

GB/T 5702 光源显色性评价方法

GB/T 7922 照明光源颜色测量方法

GB/T 35626 室外照明干扰光限制规范

GB/T 38439 室外照明干扰光测量规范

GB 50034 建筑照明设计标准

GB/T 51268 绿色照明检测及评价标准

JGJ/T 119 建筑照明术语标准

JGJ 153 体育照明设计及检测方法

JGJ/T 163 城市夜景照明设计标准

JJG 124 电流表、电压表、功率表及电阻表

JJG 211 亮度计

JJG 245 光照度计

JJG 1032 光学辐射计量名词术语及定义

JJF 1975 光谱辐射计校准规范

3 术语和定义

GB/T 5697、JGJ/T 119、JJG 1032 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

照度 illuminance

E

入射在表面上一点处包含该点的面微元上的光通量 $d\Phi$ 除以该面微元面积 dA 之商。

注：单位为勒克斯（lx）。

［来源：GB 50034—2013，2.0.6，有修改］

3.2

亮度　luminance

L

表示光源或物体明亮程度的量。

注：由公式 $L=\mathrm{d}\Phi/(\mathrm{d}A\cdot\cos\theta\cdot\mathrm{d}\Omega)$ 定义的量。

式中：

L ——(光)亮度，单位为坎德拉每平方米($\mathrm{cd/m^2}$)；

$\mathrm{d}\Phi$ ——由指定点的光束微元在包含指定方向的立体角微元 $\mathrm{d}\Omega$ 内传播的光通量，单位为流明(lm)；

$\mathrm{d}A$ ——包括给定点的光束截面积，单位为平方米($\mathrm{m^2}$)；

θ ——光束截面法线与光束方向间的夹角，单位为度(°)；

$\mathrm{d}\Omega$ ——指定方向的立体角微元，单位为球面度(sr)。

[来源：GB 50034—2013，2.0.5，有修改]

3.3

反射比　reflectance

ρ

在入射光线的光谱组成、偏振状态和几何分布指定条件下，反射的光通量与入射光通量之比。

[来源：GB 50034—2013，2.0.52，有修改]

3.4

色温　colour temperature

T_c

当某一光源的色品与某一温度下黑体的色品完全相同时，该黑体的绝对温度。

注：单位为开尔文(K)。

[来源：GB 50034—2013，2.0.45，有修改]

3.5

相关色温　correlated colour temperature

T_{cp}

当光源的色品点与某一温度下黑体的色品最接近时，该黑体的绝对温度。

注 1：单位为开尔文(K)。

注 2：相关色温(度)适用于色品点不在黑体轨迹上的光源的色表评价。

[来源：GB 50034—2013，2.0.46，有修改]

3.6

显色指数　colour rendering index

光源显色性的度量，以被测光源下物体颜色和参考标准光源下物体颜色的相符合程度来表示。

[来源：GB 50034—2013，2.0.42]

3.7

一般显色指数　general colour rendering index

R_a

光源对国际照明委员会(CIE)规定的第 1～8 种标准颜色样品特殊显色指数的平均值。

注：通称显色指数。

[来源：GB 50034—2013，2.0.43，有修改]

3.8

照明功率密度　lighting power density；LPD

单位面积上一般照明实际消耗的功率(包括光源、镇流器或变压器等附属用电器件)。

注：单位为瓦特每平方米（W/m^2）。

［来源：GB 50034—2013，2.0.53，有修改］

3.9

照度均匀度　uniformity ratio of illuminance

规定表面上的最小照度与平均照度之比。

注：在体育照明中，还用规定表面上的最小照度与最大照度之比表示照度均匀度。

［来源：GB 50034—2013，2.0.32，有修改］

3.10

道路路面亮度总均匀度　overall uniformity of road surface luminance

U_o

路面上最小亮度与平均亮度比值。

［来源：CJJ 45—2015，2.1.25，有修改］

3.11

道路路面亮度纵向均匀度　longitudinal uniformity of road surface luminance

U_L

路面上各车道中心线上最小亮度与最大亮度的比值的最小值。

［来源：CJJ 45—2015，2.1.26，有修改］

3.12

交会区　conflict areas

道路的出入口、交叉口、人行横道等区域。

注：在这种区域，机动车之间、机动车和非机动车及行人之间、车辆与固定物体之间的碰撞有增加的可能。

［来源：CJJ 45—2015，2.1.1］

3.13

半柱面照度　semi-cylindrical illuminance

E_{sc}

光源在给定的空间一点上一个假想的很小半个圆柱面上产生的照度。

注：圆柱体轴线通常是竖直的，半圆柱体的朝向为半圆柱体平背面的内法线方向。

［来源：CJJ 45—2015，2.1.35，有修改］

3.14

柱面照度　cylindrical illuminance

E_c

光源在给定的空间一点上一个假想的很小圆柱面上产生的照度。

注：圆柱体轴线通常是竖直的。

3.15

不舒适眩光　discomfort glare

产生不舒适感觉，但并不一定降低视觉对象的可见度的眩光。

［来源：GB 50034—2013，2.0.35］

3.16

统一眩光值　unified glare rating；UGR

国际照明委员会（CIE）用于度量处于室内视觉环境中的照明装置发出的光对人眼引起不舒适感主观反应的心理参量。

［来源：GB 50034—2013，2.0.36，有修改］

3.17

眩光值　glare rating;GR

国际照明委员会(CIE)用于度量体育场馆和其他室外场地照明装置对人眼引起不舒适感主观反应的心理参量。

[来源:GB 50034—2013,2.0.37,有修改]

3.18

(光)闪变指数 short-term flicker indicator of illuminance

P_{st}^{LM}

短期内低频(80 Hz 以内)光输出闪烁影响程度的度量。

3.19

频闪效应可视度　stroboscopic effect visibility measure

SVM

光输出频率范围为 80 Hz ～2 000 Hz 时,短期内频闪效应影响程度的度量。

3.20

阈值增量　threshold increment

TI

失能眩光的度量,表示为存在眩光源时,为了达到同样看清物体的目的,在物体及其背景之间的亮度对比所需要增加的百分比。

[来源:CJJ 45—2015,2.1.33]

3.21

LED 显示屏　LED screen

通过一定的控制方式,由 LED 器件阵列组成的显示屏幕。

4　一般要求

4.1　测量目的

为保障安全、高效、舒适和健康的视觉活动,推动绿色低碳,照明测量目的可包括:

a)　检验照明设施所产生的照明效果与所执行标准的符合情况;

b)　检验照明设施所产生的照明效果与设计要求的符合情况;

c)　各种照明设施的实际照明效果的比较;

d)　测定照明随时间变化的情况。

4.2　测量条件

4.2.1　进行照明测量前,光源应预先完成老化。

注:老化是采集光源光度、色度和电学性能初始值之前的预处理过程,也称为“老炼”。

4.2.2　进行现场照明测量时,应在光源预热 15 min 后,监测现场规定点照度,其连续 1 min 内监测不少于 6 个照度值,其最大值和最小值比值不应超过 1.005。

4.2.3　对具有多种控制场景的照明空间进行检测时,应对典型控制场景的照明分别进行测量。

4.2.4　照明测量宜在额定电压条件下进行。测量时,应监测电源电压;当实测电压偏差超过相关标准规定的范围时,应依据实验室在额定电压下测量结果对现场测量结果做相应的修正。

4.2.5　室外照明测量应在设计的场地环境条件下进行测量,路面或场地宜清洁和干燥,非被测光源不应对测量结果产生显著影响。室内照明测量应在没有天然光和其他非被测光源影响下进行。

4.2.6 测量时应排除杂散光射入光接受器，并应防止各类人员和物体对光接受器造成遮挡。

4.3 测量内容

4.3.1 室内照明测量内容宜包括：

a) 室内有关面(如墙面、顶棚、作业面等)上的照度或光谱辐照度；
b) 室内各表面上的反射比；
c) 室内有关面和设备发光面的亮度；
d) 现场的相关色温和显色指数；
e) 特定观测位置的不舒适眩光；
f) 照明频闪[(光)闪变指数、频闪效应可视度]；
g) 室内照明的电气参数。

4.3.2 道路照明测量内容宜包括：

a) 路面照度；
b) 人行及非机动车道照明规定位置的垂直照度或半柱面照度；
c) 路面亮度；
d) 现场的相关色温和显色指数；
e) 道路照明的阈值增量；
f) 道路照明的电气参数。

4.3.3 夜景照明测量内容宜包括：

a) 特定表面上的照度；
b) 地面或构筑物表面的反射比；
c) 特定表面的亮度；
d) 现场的相关色温和显色指数；
e) 室外特定观测位置的阈值增量；
f) 室外照明的电气参数。

4.3.4 室外作业场地照明测量内容宜包括：

a) 地面或作业面上的照度；
b) 地面或作业面的反射比；
c) 现场的相关色温和显色指数；
d) 特定观测位置的不舒适眩光；
e) 照明的频闪[(光)闪变指数、频闪效应可视度]；
f) 照明的电气参数。

4.3.5 体育场地照明测量内容宜包括：

a) 照度；
b) 地面的反射比；
c) 现场的相关色温和显色指数；
d) JGJ 153 规定的观测位置的不舒适眩光；
e) 照明频闪(频闪比)；
f) 照明的电气参数。

5 测量仪器

5.1 照度计

5.1.1 照度测量应采用不低于一级的光照度计。照度计的分辨力不应低于待测值的 1/100。

5.1.2 照度计的检定应符合 JJG 245 的规定。

5.2 亮度计

5.2.1 亮度测量应采用不低于一级的亮度计，亮度计的分辨力不应低于待测值的 1/100。

5.2.2 在道路照明测量中，宜采用带望远镜头的亮度计，其在垂直方向的视角应小于或等于 2′，在水平方向的视角应为 2′～20′。

5.2.3 照明测量用图像式亮度计的不均匀性响应误差应不超过 3.0%。

5.2.4 亮度计的检定应符合 JJG 211 的有关规定。

5.3 光谱辐射计

5.3.1 照明现场相关色温、显色指数和色度参数应采用光谱辐射计进行测量。

5.3.2 光谱辐射计的检定应符合 JJF 1975 的有关规定。

5.4 频闪分析仪

5.4.1 照明测量用频闪分析仪在计量性能要求上应满足以下条件：

a) 频闪频率误差绝对值：≤0.3%；

b) 频闪指数误差绝对值：≤0.010；

c) 频闪百分比误差绝对值：≤5%。

5.4.2 在测试量程范围内，光度探头、放大器以及数字模拟转化装置对光强变化应具有线性响应。

5.5 功率计

5.5.1 电功率测量采用的数字功率计准确度等级不应低于 1.5 级，并应有谐波测量功能。

5.5.2 功率计的检定应符合 JJG 124 的规定。

5.6 电压表

5.6.1 电压测量采用的电压仪表准确度等级不应低于 1.5 级。

5.6.2 电压仪表的检定应符合 JJG 124 的规定。

5.7 电流表

5.7.1 电流测量采用的电流仪表准确度等级应不低于 1.5 级。

5.7.2 电流仪表的检定应符合 JJG 124 的规定。

5.8 测距仪器

钢卷尺或激光测距仪的示值误差绝对值不应超过 1 mm。

6 测量方法

6.1 照度或光谱辐照度的测量

6.1.1 在照度或光谱辐照度测量区域宜将测量区域划分成矩形网格，网格宜为正方形，测量点应为矩形网格中心点，见图1。其测点间距，除有另外规定，可根据测量区域的长度和宽度按表1确定。

表1 测量区域最大测点间距表

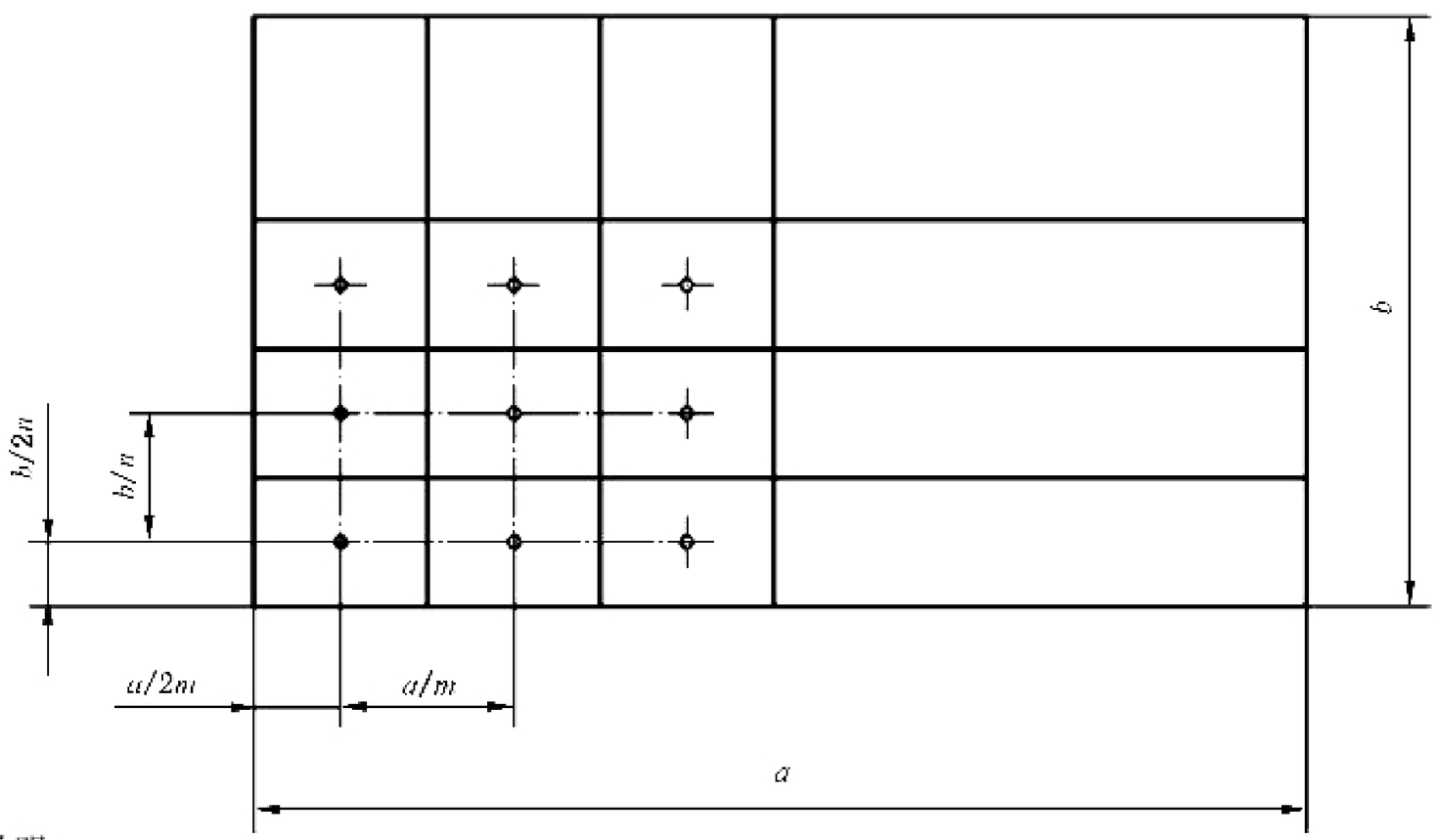
测量区域的场地尺寸	最大测点间距 a/m 或 b/n m
场地长度 a 或宽度 b 不大于 2.5 m	0.5
场地长度 a 或宽度 b 大于 2.5 m，且不大于 6 m	1.0
场地长度 a 或宽度 b 大于 6 m，且不大于 15 m	2.0
场地长度 a 或宽度 b 大于 15 m，且不大于 50 m	5.0
场地长度 a 或宽度 b 大于 50 m	10.0
注：m 为场地长度方向的测点数量，n 为场地宽度方向的测点数量。	

6.1.2 当测试项目有多个评价区域时，不同评价区域应分别设置测量网格。

6.1.3 测量时在场人员应远离接收器，并应保证其上无任何阴影。

6.1.4 当测量规定表面照度时，接收器应放置在规定表面上。

6.1.5 当测量垂直照度或光谱辐照度时，应根据设计要求设置接收器高度，接受器的法线方向应与所测试方向一致。



标引序号说明：

a ——场地长度；

b ——场地宽度；

m——长轴方向网格数量；

n ——短轴方向网格数量。

图1 在网格中心布点示意图

6.1.6 半柱面照度测量应根据设计要求设置接收器高度，并可选择以下方法之一进行测量：

a） 采用半柱面照度计，其照度计光度探头测量面法线应与所测试垂直照度方向一致；

b） 测量三个方向垂直照度（见图 2），按式（1）计算半柱面照度，其中垂直照度 E_{v1} 方向应与所测试半柱面照度方向一致。

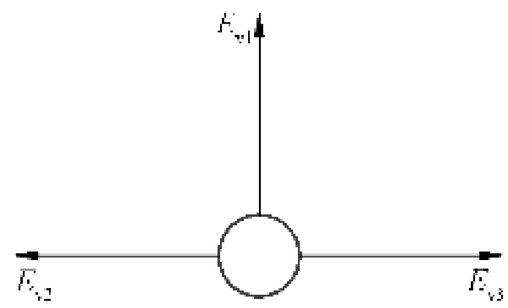


图 2 用于半柱面照度计算的垂直照度测量方向

$$E_{sc} \approx 0.5E_{v1} + 0.25(E_{v2} + E_{v3}) \qquad \cdots\cdots(1)$$

式中：

E_{sc} ——半柱面照度，单位为勒克斯（lx）；

E_{v1} ——测量点处在半柱面照度测量方向上的垂直照度，单位为勒克斯（lx）；

E_{v2}、E_{v3}——通过测量点的水平面上与半柱面照度测量方向垂直的两个方向的垂直照度，单位为勒克斯（lx）。

6.1.7 柱面照度测量应根据设计要求设置接收器高度，并可选择以下方法之一进行测量：

a） 采用柱面照度计测量；

b） 测量 4 个方向垂直照度（见图 3），按式（2）计算柱面照度。

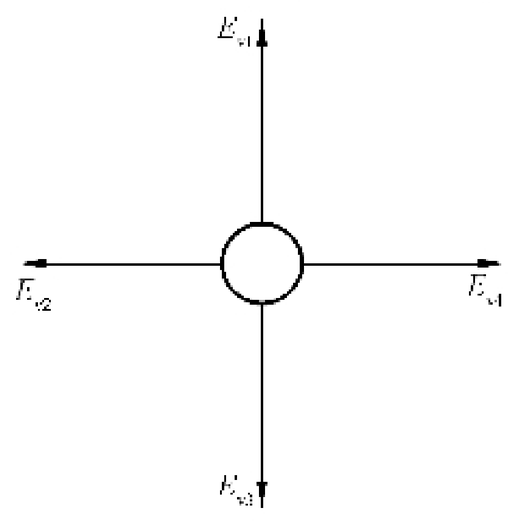


图 3 用于柱面照度计算的垂直照度测量方向

$$E_c = \frac{1}{4}\sum_{i=1}^{4} E_{v,i} \qquad \cdots\cdots(2)$$

式中：

E_c ——柱面照度，单位为勒克斯（lx）；

$E_{v,i}$ ——第 i 个测量方向的垂直照度，单位为勒克斯（lx）。

6.1.8 当采用光谱辐射照度计测量时，应符合以下规定。

a） 根据设计要求设置接收器高度和朝向，并可根据式（3）计算得出对光谱响应曲线 $s_\alpha(\lambda)$ 的光谱加权辐照度 E_α：

$$E_\alpha = \int S(\lambda)s_\alpha(\lambda)\mathrm{d}\lambda \qquad \cdots\cdots(3)$$

式中：

$S(\lambda)$ ——光谱辐射照度实测值；

$s_{\alpha}(\lambda)$ ——计算(辐)照度的光谱响应曲线，见附录 A，也可根据实际需要确定。

b) 当需考虑不同年龄的人的眼睛对光谱透射率的感知不同时，可对光源的(相对)光谱功率分布 $S(\lambda)$进行修正，修正系数见附录 B。

6.1.9 平均照度/辐照度应为各测量点测量值的算术平均值。

6.1.10 照度均匀度可为最小照度与平均照度之比，或最小照度与最大照度之比。

6.2 亮度的测量

6.2.1 测量亮度时，亮度计的放置高度以观察者的眼睛高度为宜，通常站姿为 1.5 m，坐姿为 1.2 m；特殊场合应按实际要求确定。

6.2.2 亮度测量应根据使用功能和视觉需求，选择典型位置(如主要作业位置、主要观察位置等)进行。

6.2.3 亮度测量积分过程中应保持亮度计的稳定。

6.2.4 亮度测量的视场角选择符合下列规定：

a) 亮度测量的视场角应保证被测视场未超出被测表面；

b) 当被测表面亮度变化较小时，亮度测量的视场角可大于 1°；

c) 当测量亮度对比强烈的表面亮度分布时，亮度测量的视场角宜小于 2′。

6.2.5 使用图像式亮度计进行亮度测量时，应符合下列规定：

a) 确保高亮度区域和低亮度区域均能在有效动态范围内；

b) 图像式亮度计在标定时使用的镜头和设置的光圈、感光度以及焦距等条件下进行测试；

c) 注明在观测条件下，每个像素的视场角。

6.2.6 根据测试需要，应合理划分亮度测试区域，并应根据观测位置、测量视场角和测量区域大小，均匀设置测点。

6.3 反射比的测量

6.3.1 照明现场反射比的测量可采用便携式反射比测量仪器直接测量，也可采用间接方法即用照度计或亮度计加标准白板的方法测量反射比。

6.3.2 每个被测表面宜选取 3 个～5 个测点的测量值的算术平均值，作为该被测面的反射比。

6.3.3 当采用照度计测量漫反射表面反射比时，应符合以下规定：

a) 选择不受直接光影响的被测表面位置，将照度计的接收器紧贴被测表面的某一位置，测其入射照度 E_R；

b) 将接收器的感光面对准同一被测表面的原来位置，逐渐平移离开，待照度值稳定后，读取反射照度 E_f，测量示意图见图 4；

c) 反射比按式(4)求出：

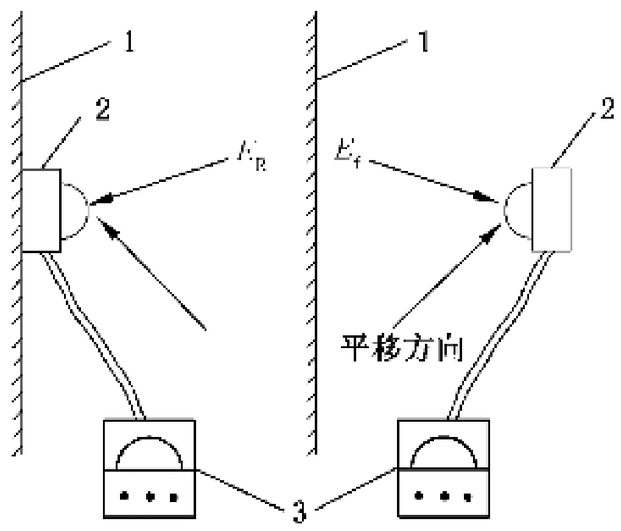
$$\rho = \frac{E_f}{E_R} \qquad \cdots\cdots(4)$$

式中：

ρ ——反射比；

E_f ——反射照度，单位为勒克斯(lx)；

E_R ——入射照度，单位为勒克斯(lx)。



标引序号说明：

1——被测表面；

2——接收器；

3——照度计。

图 4　采用照度计间接测量反射比方法示意图

6.3.4　当采用亮度计加标准白板测量反射比时，应符合以下规定：

a）　将标准白板放置被测表面，用亮度计读出标准白板的亮度 L_t；

b）　保持亮度计位置不动，移去标准白板，用亮度计读出被测表面上的亮度 L_w；

c）　反射比按由式(5)求出：

$$\rho = \frac{L_t}{L_w} \times \rho_w \qquad \cdots\cdots(5)$$

式中：

ρ　——反射比；

L_t ——被测表面的亮度，单位为坎德拉每平方米(cd/m²)；

L_w ——标准白板的亮度，单位为坎德拉每平方米(cd/m²)；

ρ_w ——标准白板的反射比。

6.4　现场的色温和显色指数测量

6.4.1　现场相关色温和显色指数的测量应采用光谱辐射计，并应将测量值的算术平均值作为被测照明现场相关色温和显色指数，每个场地现场相关色温和显色指数的测量点宜不少于 3 个点。

6.4.2　测量同时应监测电源电压，实测电压偏离光源额定电压较大时，应对测量结果进行修正。照明现场的相关色温和显色指数的测量应符合 GB/T 7922 和 GB/T 5702 的有关规定。

6.4.3　当需考虑不同年龄的人的眼睛对光谱透射率的感知不同时，可根据附录 B 对光源的(相对)光谱功率分布 $S(\lambda)$进行修正。

6.5　眩光的测量

6.5.1　统一眩光值(UGR)的测量

6.5.1.1　UGR 测量应在只开启室内一般照明的条件下进行。

6.5.1.2　UGR 测量位置宜分别在纵向和横向两面墙距离的中点，视线水平朝前观测，观测位置与墙面的水平距离宜为 1 m。

6.5.1.3　坐姿观测者的 UGR 观测高度应取 1.2 m，站姿观测者的 UGR 观测高度应取 1.5 m。

6.5.1.4　当灯具发光部分面积为 $0.005\ m^2 \leqslant A < 1.5\ m^2$ 时，UGR 测量项目应包括：

a）　灯具在观察者眼睛方向的亮度 L_α；

b） 灯具发光部分面积 A；

c） 每个灯具发光中心相对于观察者眼睛位置的三个直角坐标方向的距离 X、Y、Z（见图 5）；

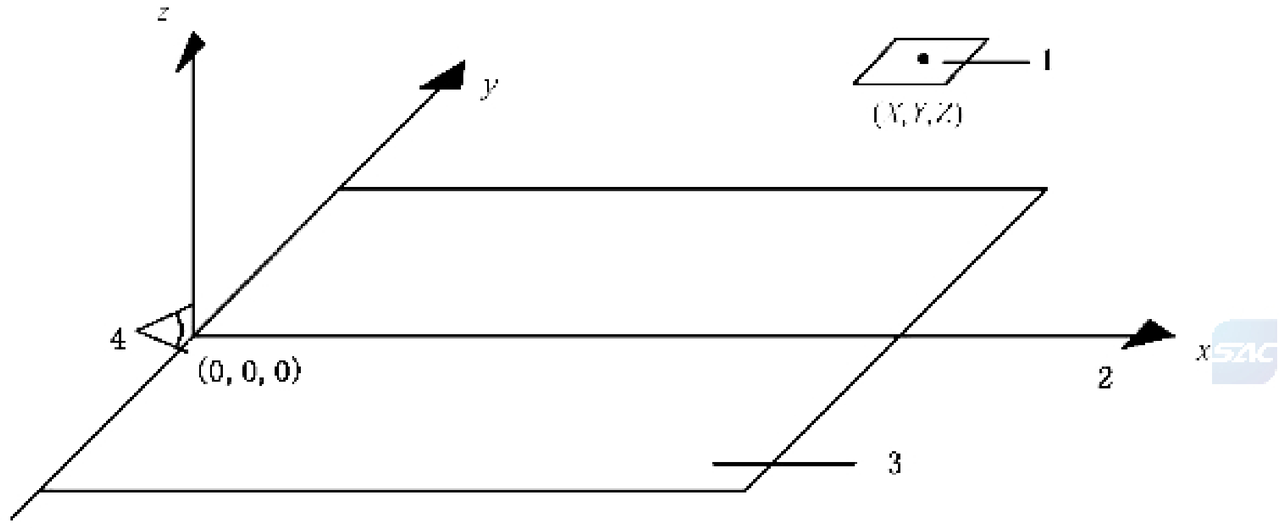
d） 观察者眼睛方向的总照度 E_t。

6.5.1.5 当灯具发光部分面积为 $A<0.005\ m^2$ 时，UGR 测量项目应包括：

a） 灯具在观察者方向的垂直照度 E_v；

b） 每个灯具发光中心相对于观察者眼睛位置的三个直角坐标方向的距离 X、Y、Z（见图 5）；

c） 观察者眼睛方向的总照度 E_t。



标引序号说明：

1——灯具发光中心；

2——视线方向；

3——观察者眼睛高度对应的水平面；

4——观测者眼睛。

图 5 以观察者眼睛位置为原点的位置指数坐标系统

6.5.1.6 观察者眼睛方向的间接照度的计算应符合下列规定。

a） 当灯具发光部分面积为 $0.005\ m^2 \leqslant A < 1.5\ m^2$ 时，观察者眼睛方向的间接照度按式(6)计算确定：

$$E_i = E_t - \sum_{j=1}^{n}\left(L_{\alpha,j}\frac{A_j}{X_j^2+Y_j^2+Z_j^2}\cdot\frac{Z_j\cdot\sqrt{X_j^2+Y_j^2}}{X_j^2+Y_j^2+Z_j^2}\right) \quad\cdots\cdots(6)$$

式中：

E_i ——观察者眼睛方向的间接照度，单位为勒克斯(lx)；

E_t ——观察者眼睛方向的总照度，单位为勒克斯(lx)；

n ——被测房间的灯具总数；

$L_{\alpha,j}$ ——第 j 个灯具在观察者眼睛方向的亮度，单位为坎德拉每平方米(cd/m^2)；

A_j ——第 j 个灯具的发光部分面积，单位为平方米(m^2)；

X_j，Y_j，Z_j ——为第 j 个灯具的位置。

b） 灯具发光部分面积为 $A<0.005\ m^2$ 时，观察者眼睛方向的间接照度应按式(7)计算确定：

$$E_i = E_t - \sum_{j=1}^{n}\frac{E_{v,j}\cdot\sqrt{X_j^2+Y_j^2}}{\sqrt{X_j^2+Y_j^2+Z_j^2}} \quad\cdots\cdots(7)$$

式中：

E_i ——观察者眼睛方向的间接照度，单位为勒克斯(lx)；

E_t ——观察者眼睛方向的总照度，单位为勒克斯(lx)；

n ——被测房间的灯具总数；

$E_{v,j}$ ——第 j 个灯具在观察者眼睛方向的照度，单位为勒克斯(lx)；

X_j, Y_j, Z_j ——为第 j 个灯具的位置。

6.5.1.7 UGR 应根据 GB 50034 有关计算方法确定。

6.5.1.8 当使用图像亮度计测量室内 UGR 时，应对图像亮度计进行几何校正。

6.5.2 眩光值(GR)的测量

6.5.2.1 GR 测量位置应按安全事故、长时间观看及频繁观看等来确定，其 GR 测量位置可采用照度测量用的网格位置，或采用标准的观察者位置。

6.5.2.2 GR 观测位置高度应取 1.5 m。

6.5.2.3 方位角宜以测试区域长边平行方向为 0°方向。

6.5.2.4 GR 的检测应包括如下项目。

a) 灯具在观察者眼睛处垂直于视线方向的表面上产生的照度 E_v，按式(8)计算确定：

$$E_v = E_0 \cos\theta \qquad (8)$$

式中：

E_v ——灯具在观察者眼睛处垂直于视线方向的表面上产生的照度，单位为勒克斯(lx)；

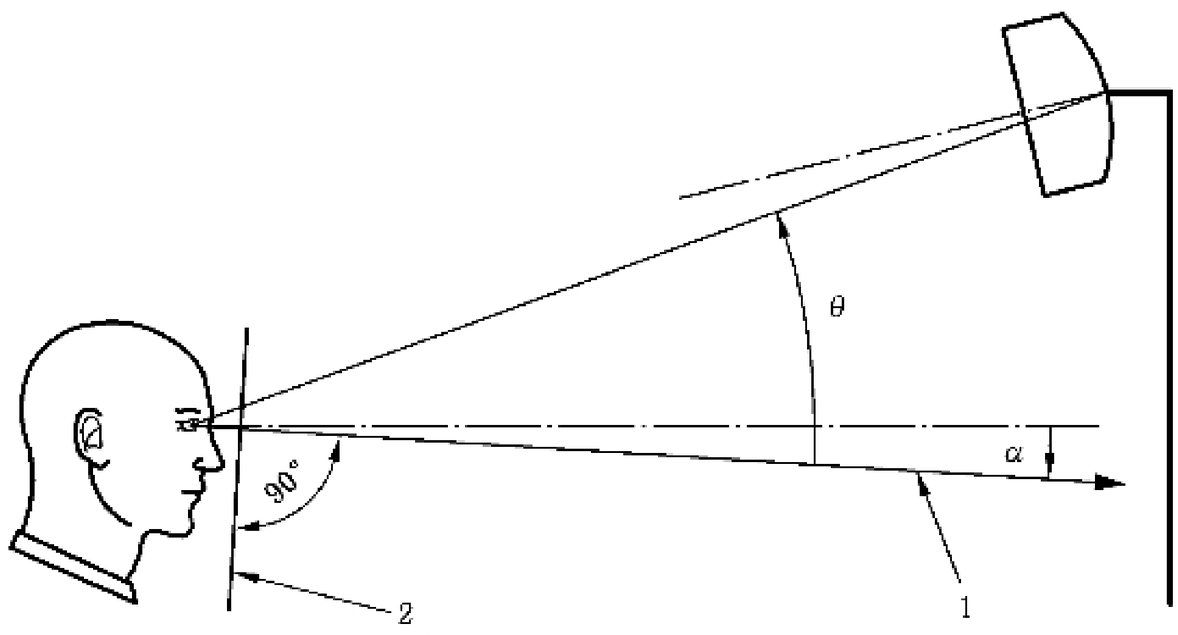
E_0 ——被测灯具的在观测位置，垂直灯具入射方向面元上的照度，单位为勒克斯(lx)；

θ ——视线与人眼被测灯具光中心连线的夹角(如图 6 所示，其中视线与水平线间夹角 α 一般取值为水平视线下 2°)。

b) 灯具的方位角 φ 和高度角 γ。

c) 照射场地的平均水平照度 $E_{h,av}$。

d) 被测试场地表面反射比 ρ。



标引序号说明：

1——观察者视线方向；

2——观察者眼睛处垂直于视线方向的表面。

图 6 GR 计算示意图

6.5.2.5 观察者视线方向宜以 0°方向为初始方向，以 15°为间隔放射状选取测试方向，也可根据活动作业特征及灯具布置选取。

6.5.2.6 GR 应根据 GB 50034 的有关计算方法确定。

6.5.3 阈值增量的测量

6.5.3.1 阈值增量测量位置应与路面平均亮度观察者位置一致。

6.5.3.2 阈值增量观测位置高度应取 1.5 m。

6.5.3.3 阈值增量的检测项目应包括：

a) 灯具在观察者眼睛处垂直于视线方向的表面上产生的照度 E_v，按式(8)计算确定；

b) 灯具的方位角 φ 和高度角 γ；

c) 路面平均亮度 L_{av}。

6.5.3.4 观察者视线方向宜与道路车行方向一致，视线与水平线间夹角为水平视线下 1°。

6.5.3.5 阈值增量应按附录 C 进行计算。

6.6 频闪的测量

6.6.1 频闪的评价指标可分为(光)闪变指数、频闪效应可视度、频闪比。

6.6.2 频闪测量光度探头朝向应与作业面或参考平面照度测量一致。

6.6.3 频闪测量观测点宜与照度测量点一致，当室内测点较多时，可均匀选择不少于 10%的照度测量点进行频闪测量，且不应少于 3 个测点。

6.6.4 频闪测量时，每个观测点的数据有效采集时长不应少于 1 s。

6.6.5 频闪测量时应保持探头的稳定，且周围不应存在影响检测结果的人员移动或遮挡。

6.7 照明电参数的测量

6.7.1 照明现场的电参数测量应包括：

a) 单个照明灯具的电气参数，如工作电压及电流、输入功率、功率因数、谐波含量等；

b) 照明系统的电气参数，如电源电压、工作电流、线路压降、系统功率、功率因数、谐波含量等。

6.7.2 测量宜采用有记忆功能的数字式电气测量仪表。

6.7.3 单个照明灯具电参数的测量应采用量程适宜、功能满足要求的单相电气测量仪表。

6.7.4 照明系统的电参数的测量宜采用量程适宜、功能满足要求的三相测量仪表；也可采用单相电气测量仪表分别测量，再用分别测量数值计算出总的数值，作为照明系统电气参数数据。

6.7.5 照明总功率或电能量的测量按以下方法进行：

a) 供电回路中混有其他用电设备时，测量时应断开其他用电设备；

b) 当供电回路为多个房间或场所的照明系统供电时，各房间或场所照明系统的功率或电能量可根据其照明安装功率占线路总安装功率的比重，乘以回路的功率或电能量得到；

c) 在上述测量方式无法实现时，可采用单灯法逐一测试房间或场所内单个或一组的灯具功率，再累加计算房间或场所的照明总功率或电能量。

6.7.6 当需要测量智能照明控制系统待机功耗时，应在照明控制系统设置为待机模式后 5 min 进行监测，时间不应少于 10 min，采样间隔不应超过 1 s，当连续 10 min 内的功率变化不超过 1.7 mW，或期间监测功率平均值的 1%时，再连续监测不少于 10 min 的平均功率即为被测照明系统的待机功率。

6.7.7 照明功率密度应按式(9)计算：

$$\mathrm{LPD}=k\frac{\sum P_i}{S} \qquad \cdots\cdots(9)$$

式中：

LPD ——照明功率密度，单位为瓦特每平方米(W/m^2)；

P_i ——被测量照明场所中的第 i 单个照明灯具的输入功率，单位为瓦特(W)；

S ——被测量照明场所的面积，单位为平方米(m^2)；

k ——电压修正系数，当灯具工作电压与额定电压偏离超过 5%时，应对灯具输入功率进行电压修正，对于使用白炽灯和使用电感镇流器的气体放电灯的灯具，其电压修正系数可按式(10)计算确定：

$$k=\frac{U_0^2}{U_t^2} \qquad \cdots\cdots(10)$$

式中：

U_0——额定工作电压，单位为伏特(V)；

U_t——实测电压，单位为伏特(V)。

6.7.8 照明节电率应按式(11)计算。

$$\zeta_L=\frac{W_0-W_e}{W_0}\times 100\% \qquad \cdots\cdots(11)$$

式中：

ζ_L——节电率，%；

W_0——照明用电量基准值，单位为千瓦时(kW·h)，可根据 GB/T 51268 的有关规定确定，也可以为节能改造前照明用电量实测值；

W_e——照明用电量实际值，单位为千瓦时(kW·h)。

7 建筑照明测量

7.1 一般规定

7.1.1 建筑室内照明照度和光谱辐照度的测量应根据设计要求选择典型测点，或按照测量网格进行测量。

7.1.2 当测量反射比时，每个功能区(室)每种主要材料测量点数量不宜少于 3 个。

7.1.3 当测量照明电参数时，宜采用功能区或整户测量，并应符合以下规定：

a) 照明功率密度计算按 6.7.7 进行；

b) 照明电能量进行连续不少于两周的监测。

7.1.4 测量时应记录环境温度和仪器状态。

7.1.5 应急照明应符合以下规定：

a) 照明标志检测项目包括标志亮度、对比度、色品坐标、视距，检查设置位置状况、应急工作时间和应急工作方式。

b) 应急照明的照度测量点高度为地面。

7.2 居住建筑照明测量

7.2.1 居住建筑的照明检测项目应包括照度、显色指数。

7.2.2 居住建筑的照明测量的场所和照度测点位置、高度及最大测点间距应符合附录 D 的表 D.1 的规定，其他按 7.1 执行。

7.3 公共建筑照明测量

7.3.1 公共建筑的照明检测项目应符合下列规定：

a) 除体育建筑以外的公共建筑检测项目包括照度、现场相关色温和显色指数、UGR、(光)闪变指数、频闪效应可视度和照明功率密度；

b) 体育建筑照明检测包括照度、GR、频闪比、现场相关色温和显色指数和功率密度。

7.3.2 公共建筑照明测量的场所和照度测点位置应符合下列规定：

a) 图书馆建筑照明测量的场所和照度测点位置、高度及最大测点间距符合表 D.2 的规定，其他按 7.1 执行；

b) 办公建筑照明测量的场所和照度测点位置、高度及最大测点间距符合表 D.3 的规定，其他按 7.1 执行；

c) 商店建筑照明测量的场所和照度测点位置、高度及最大测点间距符合表 D.4 的规定，其他按 7.1 执行；

d) 观演建筑照明测量的场所和照度测点位置、高度及最大测点间距符合表 D.5 的规定，其他按 7.1 执行；

e) 旅馆建筑照明测量的场所和照度测点位置、高度及最大测点间距符合表 D.6 的规定，其他按 7.1 执行；

f) 医疗建筑照明测量的场所和照度测点位置、高度及最大测点间距符合表 D.7 的规定，其他按 7.1 执行；

g) 老年人照料设施建筑照明测量的场所和照度测点位置、高度及最大测点间距符合表 D.8 的规定，其他按 7.1 执行；

h) 教育建筑照明测量的场所和照度测点位置、高度及最大测点间距符合表 D.9 的规定，其他按 7.1 执行；

i) 美术馆建筑、科技馆建筑、博物馆建筑、会展馆建筑照明测量的场所和照度测点位置、高度及最大测点间距符合表 D.10 的规定，其他按 7.1 执行；

j) 交通建筑照明测量的场所和照度测点位置、高度及最大测点间距符合表 D.11 的规定，其他按 7.1 执行；

k) 体育建筑照明测量执行 JGJ 153 的规定。

7.4 工业建筑照明测量

7.4.1 工业建筑的照明检测项目应包括照度、显色指数、UGR、(光)闪变指数、频闪效应可视度和照明功率密度。

7.4.2 工业建筑照明测量的场所和照度测点位置、高度及最大测点间距应符合表 D.12 的规定。

8 道路照明测量

8.1 机动车道照明测量

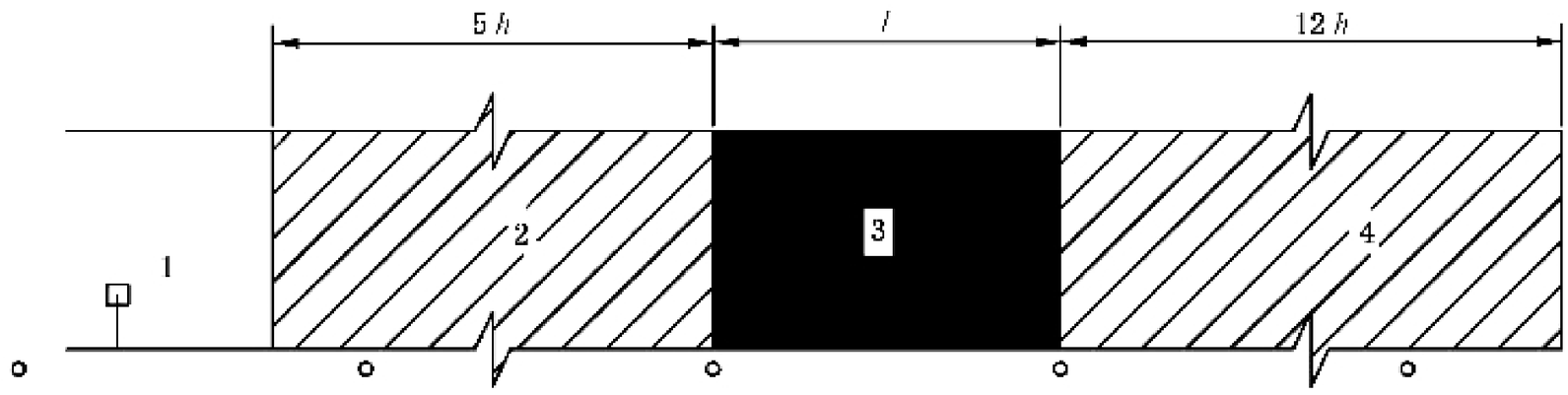
8.1.1 测量的路段和范围

测量的路段和范围符合下列规定。

a) 宜选择在灯具的间距、高度、悬挑、仰角和光源的一致性等方面能代表被测道路典型的路段进行照明测量。

b) 在道路纵向应为同一侧两根灯杆之间的区域；在道路横向，当灯具采用单侧布灯时，应为整条路宽；对称布灯、中心布灯和双侧交错布灯时，宜取 1/2 的路宽。

c) 需要进行路面亮度测量时，沿道路方向测量路段前方 5 倍灯具安装高度和测量路段后方 12 倍灯具安装高度范围内的路灯应均匀布置且按设定工况点燃，如图 7 所示。



标引序号说明：

1——观测点；

2——测量路段前方；

3——测量路段；

4——测量路段后方；

h——灯具安装高度；

l——灯杆间距。

图 7　路面亮度测量路段选择

8.1.2　路面照度和亮度测量点的布置方法

路面照度和亮度测量点的布置方法符合下列规定。

a）　在道路纵向，当同一侧两灯杆间距不大于 50 m 时，应在两灯杆间等间距布置 10 个测量点；当两灯杆间距大于 50 m 时，测量点间距应为 5 m。

b）　在道路横向，每条车道横向可布置 3 个测量点，中间的测量点应位于每条车道中心线上，两侧的两个测量点应分别位于距车道边界线 1/6 车道宽处。

8.1.3　照度测量和计算

8.1.3.1　照度测量的测点高度应为路面。

8.1.3.2　路面平均照度应取 8.1.3.1 规定的各测量点照度值的算术平均值。

8.1.3.3　路面照度均匀度应为路面照度最小照度与平均照度之比。

8.1.4　亮度测量和计算

8.1.4.1　亮度观测点距路面高度应为 1.5 m。

8.1.4.2　亮度观测点距被测路段第一排灯具的距离应为 60 m，见图 8。

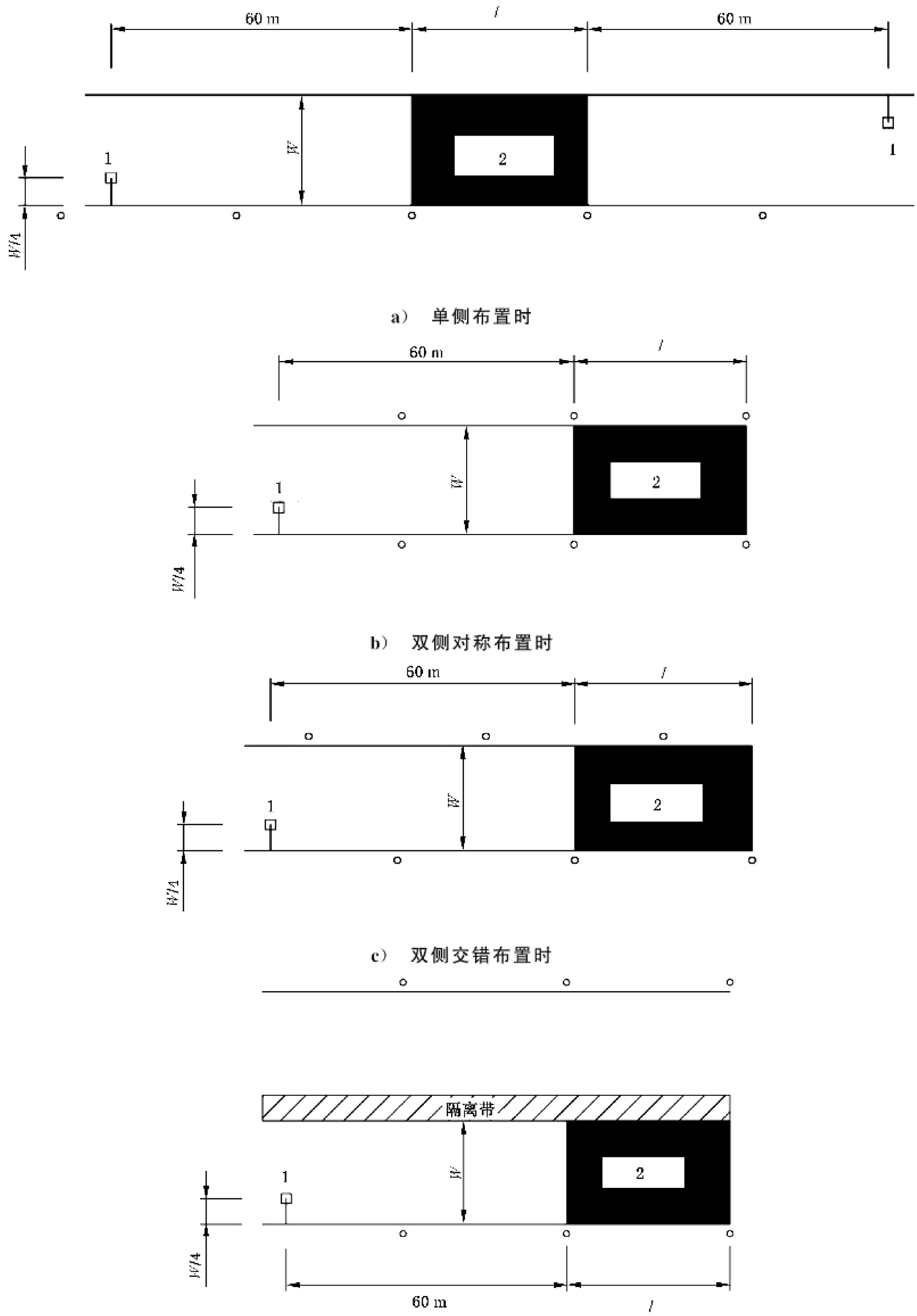
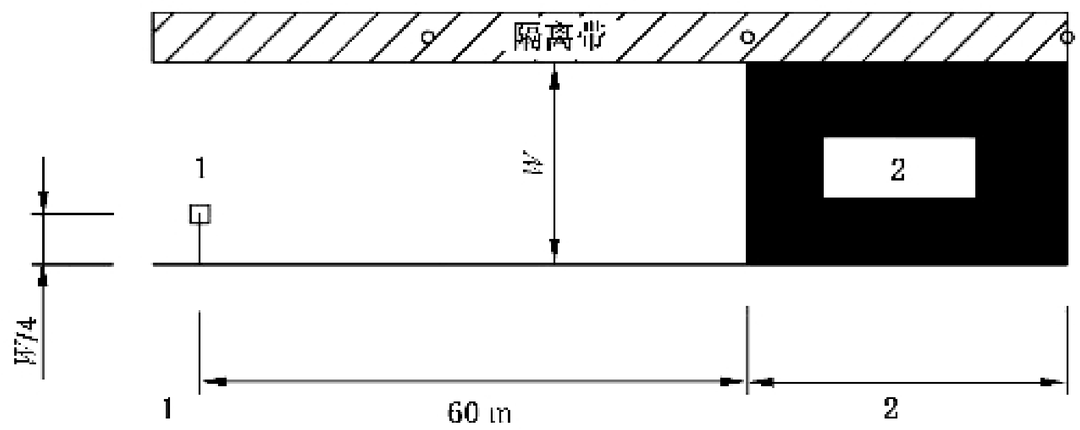


图 8 道路亮度测量时亮度计的观测点示意图



e） 有中间隔离带中心对称布置时

标引序号说明：

1 ——观测点；

2 ——测量路段；

W ——车道宽度；

l ——灯杆间距。

图 8 道路亮度测量时亮度计的观测点示意图（续）

8.1.4.3 亮度观测点的横向位置应符合下列规定：

a） 平均亮度和亮度总均匀度的测量，亮度观测点位于观测方向路右侧路缘内侧 1/4 处，不同灯具布置方式下的测量点设置见图 8；

b） 亮度纵向均匀度的亮度观测点位于被测车道的中心线上。

8.1.4.4 路面平均亮度和亮度均匀度的计算应符合下列规定。

a） 路面平均亮度按式(12)计算。

$$L_{av}=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{i=n}L_i \qquad \cdots\cdots(12)$$

式中：

L_{av}——平均亮度，单位为坎德拉每平方米(cd/m²)；

L_i ——各测点的亮度，单位为坎德拉每平方米(cd/m²)；

n ——测点数。

b） 道路亮度总均匀度按式(13)计算。

$$U_o=\frac{L_{min}}{L_{av}} \qquad \cdots\cdots(13)$$

式中：

U_o ——亮度总均匀度；

L_{min} ——从规则分布测点上测出的最小亮度，单位为坎德拉每平方米(cd/m²)；

L_{av} ——按式(12)算出的平均亮度，单位为坎德拉每平方米(cd/m²)。

c） 各车道的亮度纵向均匀度按式(14)计算。

$$U_L=\frac{L_{min}}{L_{max}} \qquad \cdots\cdots(14)$$

式中：

U_L ——亮度纵向均匀度；

L_{min} ——被测车道中心线上的最小亮度，单位为坎德拉每平方米(cd/m²)；

L_{max} ——被测车道中心线上的最大亮度，单位为坎德拉每平方米(cd/m²)。

8.1.5 环境比测量和计算

8.1.5.1 不同灯具布置方式下，环境比的测量符合下列规定：

a) 当采用单侧布置时，应分别对道路两侧的环境比进行测量，并取低值作为道路的环境比的测量结果；

b) 当采用其他布灯方式时，可只选择道路一侧进行环境比测量。

8.1.5.2 环境比检测可在机动车道路缘石外侧带状区域和路缘石内侧等宽度机动车道上的中心线上测量，测点间距宜为灯杆间距的 1/10，但测点间隔不应大于 5 m。

8.1.5.3 环境比测试带状区域宽度取机动车道路半宽度与机动车道路缘石外侧无遮挡带状区域宽度二者之间的较小者，但不超过 5 m。

8.1.6 阈值增量的测量

阈值增量的测量应符合 6.5.3 的规定。

8.1.7 照明电参数的测量

照明电参数的测量符合以下规定：

a) 宜选择靠近电源处和远离电源处的灯杆分别进行照明电参数测量，并取平均值；

b) 照明功率密度计算应按 6.7.7 进行；

c) 照明电能量应进行连续不少于 24 h 的监测。

8.2 隧道照明测量

8.2.1 隧道照明检测项目应包括路面亮度、路面亮度总均匀度和路面亮度纵向均匀度。

8.2.2 隧道照明亮度测量和计算应按 8.1.4 进行。

8.2.3 隧道照明可根据隧道条件分为入口段照明、过渡段照明、中间段照明和出口段照明，其区域划分应根据设计文件确定，并按区域分别测量。

8.2.4 隧道照明电参数测量应按 6.7 进行。

8.3 交会区照明测量

8.3.1 交会区照明检测项目应包括地面水平照度。

8.3.2 交会区的照明测量测点可按车道宽度均匀布点，车道未经过的区域上测点可由车道上的测点均匀外延形成。

8.4 人行道照明测量

8.4.1 地上人行通道照明测量符合下列规定。

a) 人行道的照明检测项目应包括地面水平照度和 1.5 m 高度上的垂直照度、半柱面照度。

b) 人行道的照明测量应选择具有代表性路段，路灯长度为两灯杆间距。

c) 照度测点选择：在道路中心线上，沿道路方向宜将两灯杆间距距离 10 等分，但测点间隔不应大于 5 m。

8.4.2 地下人行通道的照明测量符合下列规定。

a) 地下人行通道照明检测项目应包括地面水平照度，1.5 m 高度上的垂直照度、半柱面照度，上下台阶通道或坡道还应测量台阶面水平照度和台阶踢板垂直照度，或坡道面的照度。

b) 测点在台阶通道或坡道上时，测量网格宜将横向两等分，纵向 5～10 等分。

9 夜景照明测量

9.1 一般规定

9.1.1 夜景照明测量应根据照明设计方案确定测量内容、相应的测试范围及观测位置。

9.1.2 夜景照明电参数测量应符合以下规定：

a) 单体建筑物和单体构筑物进行整体测量；

b) 群体建筑和开放空间选择典型区域进行测量。

9.2 建筑物和构筑物夜景照明测量

9.2.1 亮度的测量应按设计确定亮度观测位置，可分近（正）视点测试亮度[观测距离 10 m～30 m 或 2 倍建筑高度（H）]，中（正）视点亮度（观测距离 30 m～100 m 或 3H）和远（正）视点亮度的测量（观测距离 100 m～300 m 或 5H）。

9.2.2 亮度测量的视场角选择应符合下列规定：

a) 当采用媒体立面或 LED 显示屏时，测量视场角覆盖不小于 4×4 个相邻像素；

b) 对于其他照明方式，根据被测区域的亮度分布和面积，及观测位置与被测建、构筑物之间的距离合理选择亮度计的视场角，且满足不同测点的测试区域不重叠。

9.2.3 灯光颜色测量时宜避免环境光对测试结果产生影响，并可采取以下措施：

a) 对于 LED 直视照明灯具，采用光谱辐射亮度计进行测量；

b) 对于其他灯具，当环境光较强时，采用光谱辐射计在灯具出光口附近测量。

9.2.4 照明功率密度的测量应与照度测量区域相一致，并应按 6.7.7 计算。

9.3 广场、公园照明测量

9.3.1 广场、公园照明测量项目应包括地面水平照度，1.5 m 高度上的垂直照度、半柱面照度，眩光值（GR），现场相关色温和显色指数。

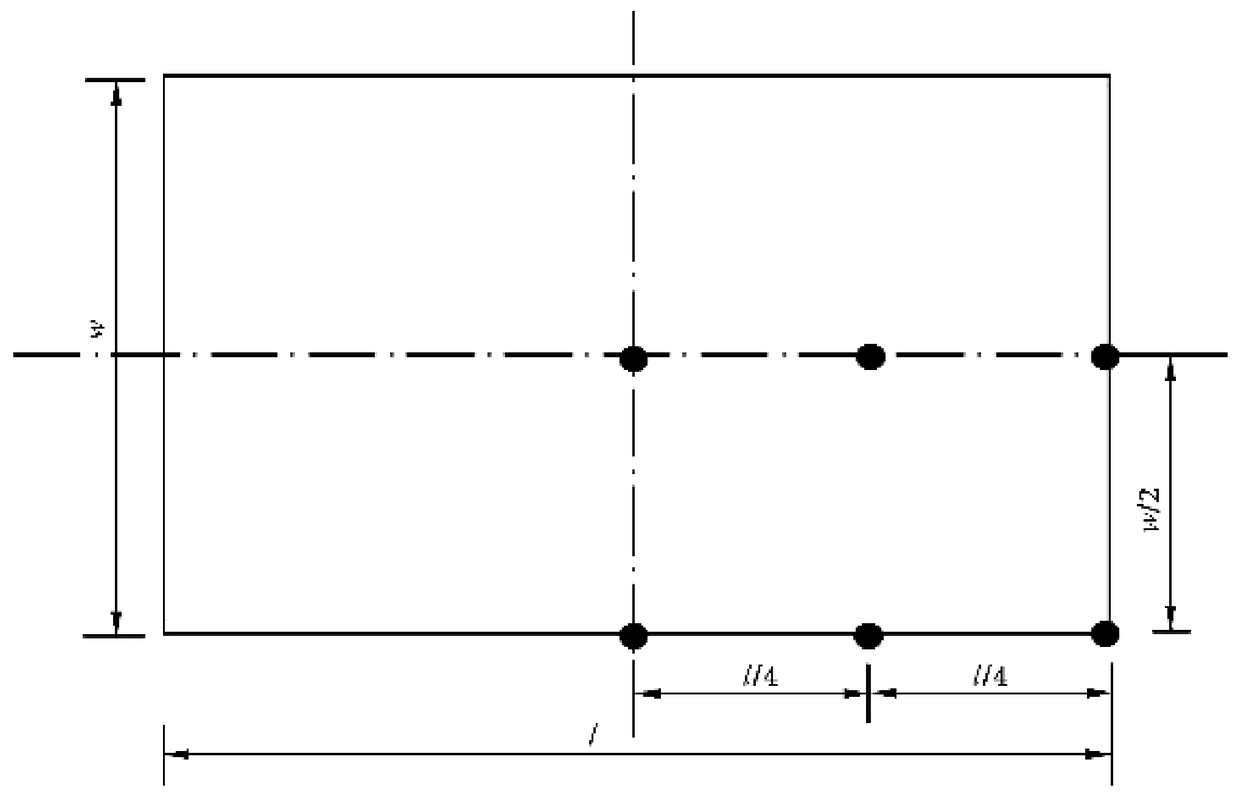
9.3.2 照度测量应选择典型区域或整个场地进行，对于完全对称布置照明装置的规则场地，可只测量 1/2 或 1/4 的场地。

9.3.3 照度测量时，测量平面和高度可根据设计文件确定，并应符合 6.1 的规定。

9.3.4 眩光值 GR 的测量符合下列规定：

a) GR 测量点选取的位置和视看方向应按活动类型并结合环境风险评估确定，也可按图 9 确定；

b) GR 测量应按 6.5.2 进行。



标引序号说明：

w ——场地宽度；

l ——场地长度。

图 9　公园、广场眩光值测点图

9.3.5　现场的相关色温和显色指数的测量应按 6.4 的规定进行。

9.4　广告标识照明测量

9.4.1　广告标识照明的亮度的测量应按主要观察视点选择亮度观测位置。

9.4.2　对于亮度和颜色可调节的广告标识照明，应分别选择典型颜色的最大亮度模式进行测量。

9.5　室外照明干扰光测量

9.5.1　应根据项目特点及检测目标，按 JGJ/T 163 及 GB/T 35626 等标准规定的技术指标确定测试项目。

9.5.2　在测量前，应通过现场调研和软件模拟等措施，确定干扰光的典型观测位置和测试区域。

9.5.3　室外照明干扰光的测量应符合 GB/T 38439 的规定。

10　室外作业场地照明测量

10.1　室外作业场地照明测量项目应包括作业面或参考平面上照度、眩光值(GR)、(光)闪变指数、频闪效应可视度、照明功率密度、现场相关色温和显色指数。

10.2　应选择典型区域或整个场地进行照度测量，对于完全对称布置照明装置的规则场地，可只测量 1/2 或 1/4 的场地。

10.3　照度测量符合下列规定：

a)　室外作业场地照明测量的场所和照度测点位置、高度及最大测点间距应符合表 D.13 的规定，也可根据广场实际情况确定所需测量平面的高度；

b)　照度测量应按 6.1 的规定进行。

10.4　眩光值(GR)应选择主要和重要工作的位置和视看方向，并按 6.5.2 的规定进行测量。

10.5　频闪的测量应按 6.6 进行。

10.6　照明功率密度的测量与照度测量区域相一致，应按 6.7 进行。

10.7　室外作业场地引起的室外照明干扰光测量应符合 9.5 的规定。

附　录　A
（资料性）
不同感光蛋白的光谱响应曲线

不同感光蛋白的光谱响应曲线可按表 A.1 确定。

表 A.1　不同感光蛋白的光谱响应曲线

波长/nm	为光谱光(视)效率函数 $V(\lambda)$	S 型锥状体细胞 $s_{sc}(\lambda)$	M 型锥状体细胞 $s_{mc}(\lambda)$	L 型锥状体细胞 $s_{lc}(\lambda)$	黑视蛋白 $s_{mel}(\lambda)$
380	0.000 0	—	—	—	$9.181\ 65\times10^{-04}$
381	0.000 0	—	—	—	$1.045\ 57\times10^{-03}$
382	0.000 0	—	—	—	$1.178\ 58\times10^{-03}$
383	0.000 0	—	—	—	$1.322\ 79\times10^{-03}$
384	0.000 0	—	—	—	$1.483\ 81\times10^{-03}$
385	0.000 1	—	—	—	$1.667\ 24\times10^{-03}$
386	0.000 1	—	—	—	$1.881\ 02\times10^{-03}$
387	0.000 2	—	—	—	$2.129\ 89\times10^{-03}$
388	0.000 2	—	—	—	$2.414\ 57\times10^{-03}$
389	0.000 3	—	—	—	$2.735\ 83\times10^{-03}$
390	0.000 7	$6.142\ 65\times10^{-03}$	$3.582\ 27\times10^{-04}$	$4.076\ 19\times10^{-04}$	$3.094\ 42\times10^{-03}$
391	0.000 8	$7.442\ 80\times10^{-03}$	$4.386\ 60\times10^{-04}$	$4.970\ 68\times10^{-04}$	$3.507\ 06\times10^{-03}$
392	0.001 0	$9.016\ 61\times10^{-03}$	$5.362\ 30\times10^{-04}$	$6.047\ 13\times10^{-04}$	$3.990\ 78\times10^{-03}$
393	0.001 3	$1.091\ 70\times10^{-02}$	$6.540\ 61\times10^{-04}$	$7.336\ 40\times10^{-04}$	$4.546\ 79\times10^{-03}$
394	0.001 7	$1.320\ 53\times10^{-02}$	$7.956\ 49\times10^{-04}$	$8.872\ 47\times10^{-04}$	$5.176\ 25\times10^{-03}$
395	0.002 2	$1.595\ 15\times10^{-02}$	$9.648\ 28\times10^{-04}$	$1.069\ 21\times10^{-03}$	$5.880\ 35\times10^{-03}$
396	0.002 8	$1.923\ 47\times10^{-02}$	$1.165\ 72\times10^{-03}$	$1.283\ 40\times10^{-03}$	$6.693\ 34\times10^{-03}$
397	0.003 6	$2.314\ 36\times10^{-02}$	$1.402\ 63\times10^{-03}$	$1.533\ 82\times10^{-03}$	$7.651\ 02\times10^{-03}$
398	0.004 7	$2.777\ 50\times10^{-02}$	$1.679\ 92\times10^{-03}$	$1.824\ 43\times10^{-03}$	$8.756\ 94\times10^{-03}$
399	0.006 1	$3.323\ 39\times10^{-02}$	$2.001\ 80\times10^{-03}$	$2.158\ 96\times10^{-03}$	$1.001\ 46\times10^{-02}$
400	0.008 1	$3.963\ 08\times10^{-02}$	$2.372\ 08\times10^{-03}$	$2.540\ 73\times10^{-03}$	$1.142\ 77\times10^{-02}$
401	0.010 8	$4.708\ 01\times10^{-02}$	$2.794\ 33\times10^{-03}$	$2.972\ 82\times10^{-03}$	$1.307\ 67\times10^{-02}$
402	0.014 2	$5.570\ 12\times10^{-02}$	$3.273\ 74\times10^{-03}$	$3.459\ 93\times10^{-03}$	$1.503\ 97\times10^{-02}$
403	0.018 1	$6.561\ 37\times10^{-02}$	$3.816\ 60\times10^{-03}$	$4.007\ 93\times10^{-03}$	$1.731\ 66\times10^{-02}$

表 A.1 不同感光蛋白的光谱响应曲线（续）

波长/nm	为光谱光(视)效率函数 $V(\lambda)$	S 型锥状体细胞 $s_{sc}(\lambda)$	M 型锥状体细胞 $s_{mc}(\lambda)$	L 型锥状体细胞 $s_{lc}(\lambda)$	黑视蛋白 $s_{mel}(\lambda)$
404	0.022 5	$7.693\ 23\times10^{-02}$	$4.430\ 21\times10^{-03}$	$4.623\ 70\times10^{-03}$	$1.990\ 71\times10^{-02}$
405	0.027 5	$8.976\ 12\times10^{-02}$	$5.123\ 16\times10^{-03}$	$5.315\ 46\times10^{-03}$	$2.281\ 12\times10^{-02}$
406	0.032 7	$1.041\ 88\times10^{-01}$	$5.904\ 58\times10^{-03}$	$6.091\ 38\times10^{-03}$	$2.631\ 94\times10^{-02}$
407	0.038 4	$1.202\ 73\times10^{-01}$	$6.780\ 05\times10^{-03}$	$6.952\ 91\times10^{-03}$	$3.059\ 64\times10^{-02}$
408	0.044 7	$1.380\ 44\times10^{-01}$	$7.752\ 60\times10^{-03}$	$7.896\ 34\times10^{-03}$	$3.545\ 38\times10^{-02}$
409	0.051 6	$1.574\ 85\times10^{-01}$	$8.822\ 86\times10^{-03}$	$8.913\ 00\times10^{-03}$	$4.070\ 28\times10^{-02}$
410	0.058 9	$1.785\ 30\times10^{-01}$	$9.988\ 41\times10^{-03}$	$9.988\ 35\times10^{-03}$	$4.615\ 50\times10^{-02}$
411	0.067 0	$2.010\ 77\times10^{-01}$	$1.124\ 52\times10^{-02}$	$1.110\ 54\times10^{-02}$	$5.178\ 22\times10^{-02}$
412	0.075 8	$2.250\ 91\times10^{-01}$	$1.259\ 49\times10^{-02}$	$1.226\ 07\times10^{-02}$	$5.778\ 04\times10^{-02}$
413	0.085 6	$2.505\ 66\times10^{-01}$	$1.404\ 25\times10^{-02}$	$1.345\ 78\times10^{-02}$	$6.429\ 72\times10^{-02}$
414	0.096 6	$2.775\ 07\times10^{-01}$	$1.559\ 44\times10^{-02}$	$1.470\ 44\times10^{-02}$	$7.148\ 01\times10^{-02}$
415	0.109 0	$3.059\ 41\times10^{-01}$	$1.725\ 96\times10^{-02}$	$1.601\ 30\times10^{-02}$	$7.947\ 66\times10^{-02}$
416	0.122 4	$3.358\ 58\times10^{-01}$	$1.904\ 67\times10^{-02}$	$1.739\ 58\times10^{-02}$	$8.918\ 07\times10^{-02}$
417	0.137 4	$3.669\ 81\times10^{-01}$	$2.095\ 45\times10^{-02}$	$1.884\ 52\times10^{-02}$	$1.007\ 56\times10^{-01}$
418	0.153 0	$3.988\ 76\times10^{-01}$	$2.297\ 63\times10^{-02}$	$2.034\ 40\times10^{-02}$	$1.132\ 56\times10^{-01}$
419	0.168 9	$4.309\ 98\times10^{-01}$	$2.510\ 17\times10^{-02}$	$2.187\ 00\times10^{-02}$	$1.257\ 32\times10^{-01}$
420	0.186 1	$4.626\ 92\times10^{-01}$	$2.731\ 63\times10^{-02}$	$2.339\ 57\times10^{-02}$	$1.372\ 37\times10^{-01}$
421	0.199 2	$4.933\ 57\times10^{-01}$	$2.960\ 62\times10^{-02}$	$2.489\ 61\times10^{-02}$	$1.474\ 46\times10^{-01}$
422	0.213 1	$5.230\ 06\times10^{-01}$	$3.197\ 46\times10^{-02}$	$2.637\ 61\times10^{-02}$	$1.570\ 14\times10^{-01}$
423	0.227 4	$5.519\ 39\times10^{-01}$	$3.443\ 30\times10^{-02}$	$2.785\ 41\times10^{-02}$	$1.664\ 63\times10^{-01}$
424	0.242 3	$5.805\ 99\times10^{-01}$	$3.699\ 83\times10^{-02}$	$2.935\ 51\times10^{-02}$	$1.763\ 16\times10^{-01}$
425	0.258 5	$6.095\ 70\times10^{-01}$	$3.969\ 28\times10^{-02}$	$3.091\ 04\times10^{-02}$	$1.870\ 96\times10^{-01}$
426	0.275 2	$6.393\ 59\times10^{-01}$	$4.254\ 02\times10^{-02}$	$3.254\ 98\times10^{-02}$	$1.992\ 10\times10^{-01}$
427	0.293 2	$6.696\ 51\times10^{-01}$	$4.554\ 74\times10^{-02}$	$3.427\ 14\times10^{-02}$	$2.124\ 08\times10^{-01}$
428	0.315 8	$6.998\ 29\times10^{-01}$	$4.871\ 61\times10^{-02}$	$3.606\ 20\times10^{-02}$	$2.262\ 25\times10^{-01}$
429	0.343 6	$7.291\ 77\times10^{-01}$	$5.204\ 67\times10^{-02}$	$3.790\ 52\times10^{-02}$	$2.401\ 99\times10^{-01}$
430	0.372 9	$7.568\ 85\times10^{-01}$	$5.553\ 84\times10^{-02}$	$3.978\ 10\times10^{-02}$	$2.538\ 65\times10^{-01}$
431	0.403 2	$7.822\ 92\times10^{-01}$	$5.918\ 76\times10^{-02}$	$4.167\ 05\times10^{-02}$	$2.670\ 21\times10^{-01}$
432	0.435 7	$8.056\ 66\times10^{-01}$	$6.298\ 19\times10^{-02}$	$4.357\ 28\times10^{-02}$	$2.799\ 76\times10^{-01}$

表 A.1 不同感光蛋白的光谱响应曲线（续）

波长/nm	为光谱光(视)效率函数 $V(\lambda)$	S 型锥状体细胞 $s_{sc}(\lambda)$	M 型锥状体细胞 $s_{mc}(\lambda)$	L 型锥状体细胞 $s_{lc}(\lambda)$	黑视蛋白 $s_{mel}(\lambda)$
433	0.469 7	$8.275\ 99\times10^{-01}$	$6.690\ 31\times10^{-02}$	$4.549\ 32\times10^{-02}$	$2.930\ 34\times10^{-01}$
434	0.505 5	$8.487\ 80\times10^{-01}$	$7.092\ 85\times10^{-02}$	$4.743\ 85\times10^{-02}$	$3.065\ 00\times10^{-01}$
435	0.545 3	$8.699\ 84\times10^{-01}$	$7.502\ 99\times10^{-02}$	$4.941\ 72\times10^{-02}$	$3.206\ 79\times10^{-01}$
436	0.581 7	$8.917\ 61\times10^{-01}$	$7.917\ 69\times10^{-02}$	$5.143\ 43\times10^{-02}$	$3.360\ 16\times10^{-01}$
437	0.621 7	$9.134\ 44\times10^{-01}$	$8.334\ 63\times10^{-02}$	$5.347\ 35\times10^{-02}$	$3.523\ 61\times10^{-01}$
438	0.654 7	$9.339\ 77\times10^{-01}$	$8.751\ 60\times10^{-02}$	$5.551\ 02\times10^{-02}$	$3.691\ 28\times10^{-01}$
439	0.680 5	$9.522\ 18\times10^{-01}$	$9.166\ 25\times10^{-02}$	$5.751\ 66\times10^{-02}$	$3.857\ 32\times10^{-01}$
440	0.710 7	$9.669\ 60\times10^{-01}$	$9.576\ 12\times10^{-02}$	$5.946\ 19\times10^{-02}$	$4.015\ 87\times10^{-01}$
441	0.730 5	$9.773\ 40\times10^{-01}$	$9.979\ 77\times10^{-02}$	$6.132\ 40\times10^{-02}$	$4.164\ 72\times10^{-01}$
442	0.753 6	$9.840\ 28\times10^{-01}$	$1.038\ 04\times10^{-01}$	$6.312\ 88\times10^{-02}$	$4.307\ 97\times10^{-01}$
443	0.773 5	$9.881\ 44\times10^{-01}$	$1.078\ 34\times10^{-01}$	$6.491\ 89\times10^{-02}$	$4.449\ 21\times10^{-01}$
444	0.789 9	$9.908\ 51\times10^{-01}$	$1.119\ 48\times10^{-01}$	$6.674\ 25\times10^{-02}$	$4.592\ 03\times10^{-01}$
445	0.807 4	$9.933\ 36\times10^{-01}$	$1.162\ 20\times10^{-01}$	$6.865\ 38\times10^{-02}$	$4.740\ 02\times10^{-01}$
446	0.825 9	$9.963\ 73\times10^{-01}$	$1.207\ 06\times10^{-01}$	$7.069\ 63\times10^{-02}$	$4.895\ 17\times10^{-01}$
447	0.843 9	$9.990\ 38\times10^{-01}$	$1.253\ 63\times10^{-01}$	$7.285\ 08\times10^{-02}$	$5.055\ 22\times10^{-01}$
448	0.856 9	$9.999\ 78\times10^{-01}$	$1.301\ 11\times10^{-01}$	$7.507\ 78\times10^{-02}$	$5.217\ 41\times10^{-01}$
449	0.864 6	$9.978\ 44\times10^{-01}$	$1.348\ 56\times10^{-01}$	$7.733\ 25\times10^{-02}$	$5.378\ 98\times10^{-01}$
450	0.868 5	$9.913\ 29\times10^{-01}$	$1.394\ 93\times10^{-01}$	$7.956\ 47\times10^{-02}$	$5.537\ 15\times10^{-01}$
451	0.888 2	$9.796\ 57\times10^{-01}$	$1.439\ 43\times10^{-01}$	$8.173\ 68\times10^{-02}$	$5.691\ 00\times10^{-01}$
452	0.903 3	$9.639\ 05\times10^{-01}$	$1.482\ 81\times10^{-01}$	$8.388\ 26\times10^{-02}$	$5.842\ 40\times10^{-01}$
453	0.914 6	$9.455\ 73\times10^{-01}$	$1.526\ 37\times10^{-01}$	$8.605\ 98\times10^{-02}$	$5.992\ 81\times10^{-01}$
454	0.922 3	$9.260\ 78\times10^{-01}$	$1.571\ 57\times10^{-01}$	$8.833\ 22\times10^{-02}$	$6.143\ 70\times10^{-01}$
455	0.926 9	$9.067\ 35\times10^{-01}$	$1.620\ 06\times10^{-01}$	$9.077\ 04\times10^{-02}$	$6.296\ 54\times10^{-01}$
456	0.941 5	$8.885\ 09\times10^{-01}$	$1.673\ 31\times10^{-01}$	$9.343\ 97\times10^{-02}$	$6.451\ 93\times10^{-01}$
457	0.953 1	$8.713\ 53\times10^{-01}$	$1.731\ 44\times10^{-01}$	$9.635\ 77\times10^{-02}$	$6.608\ 92\times10^{-01}$
458	0.962 1	$8.549\ 98\times10^{-01}$	$1.794\ 17\times10^{-01}$	$9.953\ 04\times10^{-02}$	$6.766\ 60\times10^{-01}$
459	0.968 6	$8.391\ 98\times10^{-01}$	$1.861\ 17\times10^{-01}$	$1.029\ 64\times10^{-01}$	$6.924\ 09\times10^{-01}$
460	0.972 9	$8.237\ 26\times10^{-01}$	$1.932\ 02\times10^{-01}$	$1.066\ 63\times10^{-01}$	$7.080\ 49\times10^{-01}$
461	0.981 5	$8.083\ 07\times10^{-01}$	$2.006\ 21\times10^{-01}$	$1.106\ 29\times10^{-01}$	$7.235\ 94\times10^{-01}$

表 A.1 不同感光蛋白的光谱响应曲线（续）

波长/nm	为光谱光(视)效率函数 $V(\lambda)$	S 型锥状体细胞 $s_{sc}(\lambda)$	M 型锥状体细胞 $s_{mc}(\lambda)$	L 型锥状体细胞 $s_{lc}(\lambda)$	黑视蛋白 $s_{mel}(\lambda)$
462	0.988 0	$7.924\ 31\times10^{-01}$	$2.083\ 15\times10^{-01}$	$1.148\ 28\times10^{-01}$	$7.391\ 05\times10^{-01}$
463	0.992 5	$7.755\ 69\times10^{-01}$	$2.162\ 12\times10^{-01}$	$1.192\ 17\times10^{-01}$	$7.545\ 60\times10^{-01}$
464	0.995 1	$7.572\ 44\times10^{-01}$	$2.242\ 31\times10^{-01}$	$1.237\ 40\times10^{-01}$	$7.699\ 38\times10^{-01}$
465	0.996 1	$7.370\ 43\times10^{-01}$	$2.322\ 75\times10^{-01}$	$1.283\ 36\times10^{-01}$	$7.852\ 16\times10^{-01}$
466	0.998 8	$7.147\ 30\times10^{-01}$	$2.402\ 57\times10^{-01}$	$1.329\ 47\times10^{-01}$	$8.006\ 83\times10^{-01}$
467	1.000 0	$6.905\ 58\times10^{-01}$	$2.481\ 60\times10^{-01}$	$1.375\ 70\times10^{-01}$	$8.163\ 54\times10^{-01}$
468	0.999 6	$6.648\ 90\times10^{-01}$	$2.559\ 87\times10^{-01}$	$1.422\ 18\times10^{-01}$	$8.317\ 98\times10^{-01}$
469	0.997 7	$6.380\ 78\times10^{-01}$	$2.637\ 44\times10^{-01}$	$1.469\ 05\times10^{-01}$	$8.465\ 87\times10^{-01}$
470	0.993 9	$6.104\ 56\times10^{-01}$	$2.714\ 41\times10^{-01}$	$1.516\ 51\times10^{-01}$	$8.602\ 91\times10^{-01}$
471	0.987 3	$5.823\ 46\times10^{-01}$	$2.790\ 97\times10^{-01}$	$1.564\ 75\times10^{-01}$	$8.729\ 25\times10^{-01}$
472	0.978 9	$5.540\ 65\times10^{-01}$	$2.867\ 55\times10^{-01}$	$1.614\ 04\times10^{-01}$	$8.848\ 70\times10^{-01}$
473	0.969 0	$5.259\ 03\times10^{-01}$	$2.944\ 76\times10^{-01}$	$1.664\ 64\times10^{-01}$	$8.962\ 42\times10^{-01}$
474	0.957 5	$4.981\ 08\times10^{-01}$	$3.023\ 23\times10^{-01}$	$1.716\ 90\times10^{-01}$	$9.071\ 58\times10^{-01}$
475	0.944 4	$4.708\ 94\times10^{-01}$	$3.103\ 72\times10^{-01}$	$1.771\ 16\times10^{-01}$	$9.177\ 34\times10^{-01}$
476	0.930 6	$4.444\ 50\times10^{-01}$	$3.186\ 92\times10^{-01}$	$1.827\ 77\times10^{-01}$	$9.283\ 45\times10^{-01}$
477	0.915 2	$4.189\ 92\times10^{-01}$	$3.273\ 07\times10^{-01}$	$1.886\ 85\times10^{-01}$	$9.389\ 50\times10^{-01}$
478	0.898 5	$3.946\ 99\times10^{-01}$	$3.362\ 32\times10^{-01}$	$1.948\ 45\times10^{-01}$	$9.490\ 35\times10^{-01}$
479	0.880 5	$3.717\ 07\times10^{-01}$	$3.454\ 80\times10^{-01}$	$2.012\ 61\times10^{-01}$	$9.580\ 91\times10^{-01}$
480	0.861 1	$3.501\ 08\times10^{-01}$	$3.550\ 66\times10^{-01}$	$2.079\ 40\times10^{-01}$	$9.656\ 05\times10^{-01}$
481	0.839 1	$3.299\ 04\times10^{-01}$	$3.649\ 85\times10^{-01}$	$2.148\ 75\times10^{-01}$	$9.719\ 76\times10^{-01}$
482	0.816 1	$3.108\ 64\times10^{-01}$	$3.751\ 42\times10^{-01}$	$2.220\ 22\times10^{-01}$	$9.778\ 33\times10^{-01}$
483	0.792 1	$2.927\ 41\times10^{-01}$	$3.854\ 10\times10^{-01}$	$2.293\ 16\times10^{-01}$	$9.830\ 06\times10^{-01}$
484	0.767 5	$2.753\ 38\times10^{-01}$	$3.956\ 46\times10^{-01}$	$2.366\ 84\times10^{-01}$	$9.873\ 25\times10^{-01}$
485	0.742 3	$2.584\ 97\times10^{-01}$	$4.056\ 88\times10^{-01}$	$2.440\ 46\times10^{-01}$	$9.906\ 21\times10^{-01}$
486	0.718 2	$2.421\ 58\times10^{-01}$	$4.154\ 35\times10^{-01}$	$2.513\ 47\times10^{-01}$	$9.933\ 43\times10^{-01}$
487	0.693 8	$2.265\ 04\times10^{-01}$	$4.250\ 64\times10^{-01}$	$2.586\ 95\times10^{-01}$	$9.958\ 87\times10^{-01}$
488	0.669 0	$2.117\ 26\times10^{-01}$	$4.348\ 51\times10^{-01}$	$2.662\ 52\times10^{-01}$	$9.980\ 08\times10^{-01}$
489	0.644 0	$1.979\ 60\times10^{-01}$	$4.450\ 97\times10^{-01}$	$2.742\ 02\times10^{-01}$	$9.994\ 61\times10^{-01}$
490	0.618 8	$1.852\ 97\times10^{-01}$	$4.561\ 37\times10^{-01}$	$2.827\ 52\times10^{-01}$	1

表 A.1 不同感光蛋白的光谱响应曲线（续）

波长/nm	为光谱光(视)效率函数 $V(\lambda)$	S 型锥状体细胞 $s_{sc}(\lambda)$	M 型锥状体细胞 $s_{mc}(\lambda)$	L 型锥状体细胞 $s_{lc}(\lambda)$	黑视蛋白 $s_{mel}(\lambda)$
491	0.593 6	$1.737\ 51\times10^{-01}$	$4.682\ 36\times10^{-01}$	$2.920\ 71\times10^{-01}$	$9.995\ 61\times10^{-01}$
492	0.568 4	$1.631\ 49\times10^{-01}$	$4.812\ 55\times10^{-01}$	$3.020\ 94\times10^{-01}$	$9.983\ 65\times10^{-01}$
493	0.543 2	$1.533\ 11\times10^{-01}$	$4.949\ 27\times10^{-01}$	$3.126\ 73\times10^{-01}$	$9.965\ 90\times10^{-01}$
494	0.518 1	$1.440\ 86\times10^{-01}$	$5.089\ 47\times10^{-01}$	$3.236\ 37\times10^{-01}$	$9.944\ 16\times10^{-01}$
495	0.493 3	$1.353\ 51\times10^{-01}$	$5.229\ 70\times10^{-01}$	$3.347\ 86\times10^{-01}$	$9.920\ 22\times10^{-01}$
496	0.468 8	$1.270\ 11\times10^{-01}$	$5.367\ 01\times10^{-01}$	$3.459\ 43\times10^{-01}$	$9.887\ 92\times10^{-01}$
497	0.444 6	$1.190\ 17\times10^{-01}$	$5.501\ 95\times10^{-01}$	$3.571\ 26\times10^{-01}$	$9.842\ 20\times10^{-01}$
498	0.420 8	$1.113\ 33\times10^{-01}$	$5.636\ 16\times10^{-01}$	$3.684\ 16\times10^{-01}$	$9.786\ 57\times10^{-01}$
499	0.397 2	$1.039\ 34\times10^{-01}$	$5.771\ 50\times10^{-01}$	$3.799\ 07\times10^{-01}$	$9.724\ 51\times10^{-01}$
500	0.373 6	$9.679\ 90\times10^{-02}$	$5.910\ 03\times10^{-01}$	$3.917\ 05\times10^{-01}$	$9.659\ 52\times10^{-01}$
501	0.349 9	$8.991\ 69\times10^{-02}$	$6.053\ 50\times10^{-01}$	$4.039\ 05\times10^{-01}$	$9.588\ 44\times10^{-01}$
502	0.326 4	$8.328\ 78\times10^{-02}$	$6.201\ 60\times10^{-01}$	$4.165\ 00\times10^{-01}$	$9.507\ 16\times10^{-01}$
503	0.303 3	$7.691\ 57\times10^{-02}$	$6.353\ 43\times10^{-01}$	$4.294\ 53\times10^{-01}$	$9.417\ 78\times10^{-01}$
504	0.281 0	$7.080\ 52\times10^{-02}$	$6.507\ 96\times10^{-01}$	$4.427\ 20\times10^{-01}$	$9.322\ 36\times10^{-01}$
505	0.259 9	$6.496\ 14\times10^{-02}$	$6.664\ 04\times10^{-01}$	$4.562\ 52\times10^{-01}$	$9.222\ 99\times10^{-01}$
506	0.240 1	$5.940\ 49\times10^{-02}$	$6.820\ 55\times10^{-01}$	$4.699\ 97\times10^{-01}$	$9.118\ 32\times10^{-01}$
507	0.221 7	$5.420\ 76\times10^{-02}$	$6.976\ 72\times10^{-01}$	$4.839\ 26\times10^{-01}$	$9.006\ 02\times10^{-01}$
508	0.204 1	$4.942\ 81\times10^{-02}$	$7.131\ 86\times10^{-01}$	$4.980\ 12\times10^{-01}$	$8.886\ 63\times10^{-01}$
509	0.187 5	$4.509\ 93\times10^{-02}$	$7.285\ 26\times10^{-01}$	$5.122\ 27\times10^{-01}$	$8.760\ 73\times10^{-01}$
510	0.171 6	$4.123\ 37\times10^{-02}$	$7.436\ 12\times10^{-01}$	$5.265\ 38\times10^{-01}$	$8.628\ 88\times10^{-01}$
511	0.156 6	$3.781\ 42\times10^{-02}$	$7.583\ 96\times10^{-01}$	$5.409\ 23\times10^{-01}$	$8.488\ 01\times10^{-01}$
512	0.142 3	$3.476\ 27\times10^{-02}$	$7.729\ 66\times10^{-01}$	$5.554\ 06\times10^{-01}$	$8.336\ 78\times10^{-01}$
513	0.129 0	$3.200\ 29\times10^{-02}$	$7.874\ 57\times10^{-01}$	$5.700\ 25\times10^{-01}$	$8.178\ 32\times10^{-01}$
514	0.116 5	$2.947\ 46\times10^{-02}$	$8.020\ 17\times10^{-01}$	$5.848\ 28\times10^{-01}$	$8.015\ 79\times10^{-01}$
515	0.104 9	$2.713\ 00\times10^{-02}$	$8.168\ 08\times10^{-01}$	$5.998\ 67\times10^{-01}$	$7.852\ 33\times10^{-01}$
516	0.094 3	$2.493\ 76\times10^{-02}$	$8.319\ 19\times10^{-01}$	$6.151\ 62\times10^{-01}$	$7.687\ 18\times10^{-01}$
517	0.084 6	$2.289\ 31\times10^{-02}$	$8.470\ 96\times10^{-01}$	$6.305\ 69\times10^{-01}$	$7.518\ 07\times10^{-01}$
518	0.075 6	$2.099\ 56\times10^{-02}$	$8.619\ 72\times10^{-01}$	$6.458\ 83\times10^{-01}$	$7.345\ 93\times10^{-01}$
519	0.067 4	$1.924\ 27\times10^{-02}$	$8.761\ 52\times10^{-01}$	$6.608\ 80\times10^{-01}$	$7.171\ 69\times10^{-01}$

表 A.1 不同感光蛋白的光谱响应曲线（续）

波长/nm	为光谱光(视)效率函数 $V(\lambda)$	S 型锥状体细胞 $s_{sc}(\lambda)$	M 型锥状体细胞 $s_{mc}(\lambda)$	L 型锥状体细胞 $s_{lc}(\lambda)$	黑视蛋白 $s_{mel}(\lambda)$
520	0.059 8	$1.762\ 98\times10^{-02}$	$8.892\ 14\times10^{-01}$	$6.753\ 13\times10^{-01}$	$6.996\ 28\times10^{-01}$
521	0.052 9	$1.615\ 01\times10^{-02}$	$9.008\ 12\times10^{-01}$	$6.889\ 75\times10^{-01}$	$6.818\ 88\times10^{-01}$
522	0.046 6	$1.479\ 11\times10^{-02}$	$9.110\ 06\times10^{-01}$	$7.018\ 86\times10^{-01}$	$6.638\ 81\times10^{-01}$
523	0.041 0	$1.354\ 07\times10^{-02}$	$9.199\ 68\times10^{-01}$	$7.141\ 40\times10^{-01}$	$6.457\ 24\times10^{-01}$
524	0.035 9	$1.238\ 84\times10^{-02}$	$9.278\ 90\times10^{-01}$	$7.258\ 41\times10^{-01}$	$6.275\ 33\times10^{-01}$
525	0.031 4	$1.132\ 52\times10^{-02}$	$9.349\ 77\times10^{-01}$	$7.371\ 08\times10^{-01}$	$6.094\ 22\times10^{-01}$
526	0.027 5	$1.034\ 37\times10^{-02}$	$9.414\ 14\times10^{-01}$	$7.480\ 46\times10^{-01}$	$5.913\ 39\times10^{-01}$
527	0.024 2	$9.440\ 92\times10^{-03}$	$9.472\ 79\times10^{-01}$	$7.586\ 84\times10^{-01}$	$5.732\ 07\times10^{-01}$
528	0.021 4	$8.613\ 65\times10^{-03}$	$9.526\ 22\times10^{-01}$	$7.690\ 32\times10^{-01}$	$5.551\ 05\times10^{-01}$
529	0.018 9	$7.858\ 31\times10^{-03}$	$9.574\ 98\times10^{-01}$	$7.790\ 99\times10^{-01}$	$5.371\ 12\times10^{-01}$
530	0.016 7	$7.170\ 89\times10^{-03}$	$9.619\ 62\times10^{-01}$	$7.889\ 00\times10^{-01}$	$5.193\ 09\times10^{-01}$
531	0.014 5	$6.546\ 48\times10^{-03}$	$9.660\ 80\times10^{-01}$	$7.984\ 72\times10^{-01}$	$5.016\ 45\times10^{-01}$
532	0.012 6	$5.977\ 77\times10^{-03}$	$9.699\ 66\times10^{-01}$	$8.079\ 45\times10^{-01}$	$4.840\ 67\times10^{-01}$
533	0.010 9	$5.457\ 94\times10^{-03}$	$9.737\ 43\times10^{-01}$	$8.174\ 78\times10^{-01}$	$4.666\ 43\times10^{-01}$
534	0.009 3	$4.981\ 25\times10^{-03}$	$9.775\ 39\times10^{-01}$	$8.272\ 39\times10^{-01}$	$4.494\ 42\times10^{-01}$
535	0.008 1	$4.542\ 87\times10^{-03}$	$9.814\ 81\times10^{-01}$	$8.374\ 03\times10^{-01}$	$4.325\ 33\times10^{-01}$
536	0.006 9	$4.139\ 08\times10^{-03}$	$9.856\ 29\times10^{-01}$	$8.480\ 78\times10^{-01}$	$4.158\ 62\times10^{-01}$
537	0.006 0	$3.767\ 94\times10^{-03}$	$9.897\ 54\times10^{-01}$	$8.590\ 64\times10^{-01}$	$3.993\ 72\times10^{-01}$
538	0.005 2	$3.427\ 83\times10^{-03}$	$9.935\ 51\times10^{-01}$	$8.700\ 68\times10^{-01}$	$3.831\ 36\times10^{-01}$
539	0.004 6	$3.116\ 96\times10^{-03}$	$9.967\ 14\times10^{-01}$	$8.807\ 79\times10^{-01}$	$3.672\ 24\times10^{-01}$
540	0.004 0	$2.833\ 52\times10^{-03}$	$9.989\ 31\times10^{-01}$	$8.908\ 71\times10^{-01}$	$3.517\ 07\times10^{-01}$
541	0.003 5	$2.575\ 56\times10^{-03}$	$9.999\ 42\times10^{-01}$	$9.000\ 57\times10^{-01}$	$3.365\ 37\times10^{-01}$
542	0.003 1	$2.340\ 84\times10^{-03}$	$9.996\ 92\times10^{-01}$	$9.082\ 53\times10^{-01}$	$3.216\ 47\times10^{-01}$
543	0.002 7	$2.127\ 22\times10^{-03}$	$9.981\ 78\times10^{-01}$	$9.154\ 33\times10^{-01}$	$3.070\ 85\times10^{-01}$
544	0.002 3	$1.932\ 76\times10^{-03}$	$9.954\ 05\times10^{-01}$	$9.215\ 75\times10^{-01}$	$2.928\ 99\times10^{-01}$
545	0.002 1	$1.755\ 73\times10^{-03}$	$9.913\ 83\times10^{-01}$	$9.266\ 60\times10^{-01}$	$2.791\ 35\times10^{-01}$
546	0.001 8	$1.594\ 55\times10^{-03}$	$9.861\ 99\times10^{-01}$	$9.307\ 44\times10^{-01}$	$2.657\ 37\times10^{-01}$
547	0.001 6	$1.447\ 83\times10^{-03}$	$9.802\ 29\times10^{-01}$	$9.341\ 60\times10^{-01}$	$2.526\ 48\times10^{-01}$
548	0.001 4	$1.314\ 30\times10^{-03}$	$9.739\ 06\times10^{-01}$	$9.373\ 18\times10^{-01}$	$2.399\ 17\times10^{-01}$

表 A.1 不同感光蛋白的光谱响应曲线（续）

波长/nm	为光谱光(视)效率函数 $V(\lambda)$	S 型锥状体细胞 $s_{sc}(\lambda)$	M 型锥状体细胞 $s_{mc}(\lambda)$	L 型锥状体细胞 $s_{lc}(\lambda)$	黑视蛋白 $s_{mel}(\lambda)$
549	0.001 2	$1.192\ 81\times10^{-03}$	$9.676\ 53\times10^{-01}$	$9.406\ 34\times10^{-01}$	$2.275\ 92\times10^{-01}$
550	0.001 0	$1.082\ 30\times10^{-03}$	$9.618\ 76\times10^{-01}$	$9.445\ 27\times10^{-01}$	$2.157\ 22\times10^{-01}$
551	0.000 9	$9.818\ 19\times10^{-04}$	$9.568\ 20\times10^{-01}$	$9.492\ 91\times10^{-01}$	$2.042\ 38\times10^{-01}$
552	0.000 8	$8.905\ 33\times10^{-04}$	$9.521\ 51\times10^{-01}$	$9.546\ 80\times10^{-01}$	$1.930\ 75\times10^{-01}$
553	0.000 7	$8.076\ 87\times10^{-04}$	$9.473\ 98\times10^{-01}$	$9.603\ 09\times10^{-01}$	$1.822\ 88\times10^{-01}$
554	0.000 6	$7.325\ 68\times10^{-04}$	$9.421\ 05\times10^{-01}$	$9.657\ 85\times10^{-01}$	$1.719\ 30\times10^{-01}$
555	0.000 5	$6.645\ 12\times10^{-04}$	$9.358\ 29\times10^{-01}$	$9.707\ 03\times10^{-01}$	$1.620\ 56\times10^{-01}$
556	0.000 0	$6.028\ 87\times10^{-04}$	$9.282\ 74\times10^{-01}$	$9.747\ 56\times10^{-01}$	$1.526\ 01\times10^{-01}$
557	0.000 0	$5.470\ 62\times10^{-04}$	$9.196\ 67\times10^{-01}$	$9.780\ 55\times10^{-01}$	$1.434\ 87\times10^{-01}$
558	0.000 0	$4.964\ 61\times10^{-04}$	$9.103\ 56\times10^{-01}$	$9.808\ 19\times10^{-01}$	$1.347\ 48\times10^{-01}$
559	0.000 0	$4.505\ 71\times10^{-04}$	$9.006\ 77\times10^{-01}$	$9.832\ 71\times10^{-01}$	$1.264\ 16\times10^{-01}$
560	0.000 0	$4.089\ 31\times10^{-04}$	$8.909\ 49\times10^{-01}$	$9.856\ 36\times10^{-01}$	$1.185\ 26\times10^{-01}$
561	0.000 0	$3.711\ 36\times10^{-04}$	$8.813\ 86\times10^{-01}$	$9.880\ 85\times10^{-01}$	$1.110\ 07\times10^{-01}$
562	0.000 0	$3.368\ 38\times10^{-04}$	$8.718\ 34\times10^{-01}$	$9.905\ 60\times10^{-01}$	$1.037\ 93\times10^{-01}$
563	0.000 0	$3.057\ 23\times10^{-04}$	$8.620\ 59\times10^{-01}$	$9.929\ 45\times10^{-01}$	$9.692\ 06\times10^{-02}$
564	0.000 0	$2.775\ 04\times10^{-04}$	$8.518\ 40\times10^{-01}$	$9.951\ 24\times10^{-01}$	$9.042\ 59\times10^{-02}$
565	0.000 0	$2.519\ 18\times10^{-04}$	$8.409\ 69\times10^{-01}$	$9.969\ 79\times10^{-01}$	$8.434\ 57\times10^{-02}$
566	0.000 0	$2.287\ 25\times10^{-04}$	$8.293\ 03\times10^{-01}$	$9.984\ 11\times10^{-01}$	$7.861\ 98\times10^{-02}$
567	0.000 0	$2.076\ 99\times10^{-04}$	$8.169\ 11\times10^{-01}$	$9.993\ 91\times10^{-01}$	$7.317\ 50\times10^{-02}$
568	0.000 0	$1.886\ 38\times10^{-04}$	$8.039\ 10\times10^{-01}$	$9.999\ 12\times10^{-01}$	$6.802\ 88\times10^{-02}$
569	0.000 0	$1.713\ 57\times10^{-04}$	$7.904\ 13\times10^{-01}$	$9.999\ 65\times10^{-01}$	$6.319\ 84\times10^{-02}$
570	0.000 0	$1.556\ 88\times10^{-04}$	$7.765\ 26\times10^{-01}$	$9.995\ 43\times10^{-01}$	$5.870\ 13\times10^{-02}$
571	0.000 0	$1.414\ 80\times10^{-04}$	$7.623\ 11\times10^{-01}$	$9.986\ 15\times10^{-01}$	$5.448\ 32\times10^{-02}$
572	0.000 0	$1.285\ 96\times10^{-04}$	$7.476\ 69\times10^{-01}$	$9.970\ 51\times10^{-01}$	$5.048\ 89\times10^{-02}$
573	0.000 0	$1.169\ 12\times10^{-04}$	$7.324\ 76\times10^{-01}$	$9.947\ 01\times10^{-01}$	$4.673\ 44\times10^{-02}$
574	0.000 0	$1.063\ 16\times10^{-04}$	$7.166\ 22\times10^{-01}$	$9.914\ 16\times10^{-01}$	$4.323\ 57\times10^{-02}$
575	0.000 0	$9.670\ 45\times10^{-05}$	$7.000\ 13\times10^{-01}$	$9.870\ 57\times10^{-01}$	$4.000\ 89\times10^{-02}$
576	0.000 0	$8.798\ 58\times10^{-05}$	$6.826\ 47\times10^{-01}$	$9.815\ 99\times10^{-01}$	$3.701\ 02\times10^{-02}$
577	0.000 0	$8.007\ 56\times10^{-05}$	$6.648\ 17\times10^{-01}$	$9.754\ 51\times10^{-01}$	$3.419\ 03\times10^{-02}$

表 A.1 不同感光蛋白的光谱响应曲线（续）

波长/nm	为光谱光(视)效率函数 $V(\lambda)$	S 型锥状体细胞 $s_{sc}(\lambda)$	M 型锥状体细胞 $s_{mc}(\lambda)$	L 型锥状体细胞 $s_{lc}(\lambda)$	黑视蛋白 $s_{mel}(\lambda)$
578	0.000 0	$7.289\ 79\times10^{-05}$	$6.468\ 58\times10^{-01}$	$9.691\ 20\times10^{-01}$	$3.155\ 62\times10^{-02}$
579	0.000 0	$6.638\ 37\times10^{-05}$	$6.290\ 72\times10^{-01}$	$9.630\ 93\times10^{-01}$	$2.911\ 53\times10^{-02}$
580	0.000 0	$6.047\ 05\times10^{-05}$	$6.117\ 28\times10^{-01}$	$9.578\ 41\times10^{-01}$	$2.687\ 47\times10^{-02}$
581	0.000 0	$5.510\ 20\times10^{-05}$	$5.949\ 98\times10^{-01}$	$9.536\ 64\times10^{-01}$	$2.480\ 14\times10^{-02}$
582	0.000 0	$5.022\ 69\times10^{-05}$	$5.787\ 83\times10^{-01}$	$9.502\ 36\times10^{-01}$	$2.285\ 97\times10^{-02}$
583	0.000 0	$4.579\ 88\times10^{-05}$	$5.629\ 35\times10^{-01}$	$9.470\ 86\times10^{-01}$	$2.105\ 34\times10^{-02}$
584	0.000 0	$4.177\ 59\times10^{-05}$	$5.473\ 21\times10^{-01}$	$9.437\ 52\times10^{-01}$	$1.938\ 64\times10^{-02}$
585	0.000 0	$3.812\ 02\times10^{-05}$	$5.318\ 25\times10^{-01}$	$9.397\ 81\times10^{-01}$	$1.786\ 24\times10^{-02}$
586	0.000 1	$3.479\ 74\times10^{-05}$	$5.163\ 54\times10^{-01}$	$9.348\ 26\times10^{-01}$	$1.645\ 78\times10^{-02}$
587	0.000 1	$3.177\ 63\times10^{-05}$	$5.008\ 70\times10^{-01}$	$9.289\ 17\times10^{-01}$	$1.514\ 70\times10^{-02}$
588	0.000 2	$2.902\ 88\times10^{-05}$	$4.853\ 50\times10^{-01}$	$9.221\ 77\times10^{-01}$	$1.393\ 14\times10^{-02}$
589	0.000 2	$2.652\ 94\times10^{-05}$	$4.697\ 77\times10^{-01}$	$9.147\ 29\times10^{-01}$	$1.281\ 20\times10^{-02}$
590	0.000 3	$2.425\ 49\times10^{-05}$	$4.541\ 42\times10^{-01}$	$9.066\ 93\times10^{-01}$	$1.179\ 01\times10^{-02}$
591	0.000 7	$2.218\ 47\times10^{-05}$	$4.384\ 54\times10^{-01}$	$8.981\ 70\times10^{-01}$	$1.084\ 88\times10^{-02}$
592	0.000 8	$2.029\ 96\times10^{-05}$	$4.227\ 78\times10^{-01}$	$8.891\ 88\times10^{-01}$	$9.971\ 12\times10^{-03}$
593	0.001 0	$1.858\ 26\times10^{-05}$	$4.071\ 88\times10^{-01}$	$8.797\ 59\times10^{-01}$	$9.158\ 50\times10^{-03}$
594	0.001 3	$1.701\ 82\times10^{-05}$	$3.917\ 52\times10^{-01}$	$8.698\ 94\times10^{-01}$	$8.412\ 42\times10^{-03}$
595	0.001 7	$1.559\ 24\times10^{-05}$	$3.765\ 27\times10^{-01}$	$8.596\ 05\times10^{-01}$	$7.734\ 30\times10^{-03}$
596	0.002 2	$1.429\ 24\times10^{-05}$	$3.615\ 59\times10^{-01}$	$8.489\ 12\times10^{-01}$	$7.112\ 55\times10^{-03}$
597	0.002 8	$1.310\ 66\times10^{-05}$	$3.468\ 56\times10^{-01}$	$8.378\ 65\times10^{-01}$	$6.534\ 76\times10^{-03}$
598	0.003 6	$1.202\ 48\times10^{-05}$	$3.324\ 22\times10^{-01}$	$8.265\ 22\times10^{-01}$	$6.001\ 10\times10^{-03}$
599	0.004 7	$1.103\ 73\times10^{-05}$	$3.182\ 61\times10^{-01}$	$8.149\ 40\times10^{-01}$	$5.511\ 74\times10^{-03}$
600	0.006 1	$1.013\ 56\times10^{-05}$	$3.043\ 78\times10^{-01}$	$8.031\ 73\times10^{-01}$	$5.066\ 86\times10^{-03}$
601	0.008 1	$9.312\ 02\times10^{-06}$	$2.907\ 84\times10^{-01}$	$7.912\ 53\times10^{-01}$	$4.658\ 69\times10^{-03}$
602	0.010 8	$8.559\ 41\times10^{-06}$	$2.775\ 06\times10^{-01}$	$7.791\ 18\times10^{-01}$	$4.279\ 46\times10^{-03}$
603	0.014 2	$7.871\ 41\times10^{-06}$	$2.645\ 75\times10^{-01}$	$7.666\ 91\times10^{-01}$	$3.929\ 39\times10^{-03}$
604	0.018 1	$7.242\ 21\times10^{-06}$	$2.520\ 12\times10^{-01}$	$7.539\ 00\times10^{-01}$	$3.608\ 72\times10^{-03}$
605	0.022 5	$6.666\ 57\times10^{-06}$	$2.398\ 37\times10^{-01}$	$7.406\ 80\times10^{-01}$	$3.317\ 66\times10^{-03}$
606	0.027 5	$6.139\ 70\times10^{-06}$	$2.280\ 65\times10^{-01}$	$7.269\ 95\times10^{-01}$	$3.051\ 09\times10^{-03}$

表 A.1 不同感光蛋白的光谱响应曲线（续）

波长/nm	为光谱光(视)效率函数 $V(\lambda)$	S 型锥状体细胞 $s_{sc}(\lambda)$	M 型锥状体细胞 $s_{mc}(\lambda)$	L 型锥状体细胞 $s_{lc}(\lambda)$	黑视蛋白 $s_{mel}(\lambda)$
607	0.032 7	$5.657\ 27\times10^{-06}$	$2.167\ 03\times10^{-01}$	$7.129\ 05\times10^{-01}$	$2.803\ 74\times10^{-03}$
608	0.038 4	$5.215\ 35\times10^{-06}$	$2.057\ 54\times10^{-01}$	$6.984\ 91\times10^{-01}$	$2.575\ 60\times10^{-03}$
609	0.044 7	$4.810\ 36\times10^{-06}$	$1.952\ 21\times10^{-01}$	$6.838\ 29\times10^{-01}$	$2.366\ 68\times10^{-03}$
610	0.051 6	$4.439\ 06\times10^{-06}$	$1.851\ 04\times10^{-01}$	$6.689\ 91\times10^{-01}$	$2.176\ 98\times10^{-03}$
611	0.058 9	$4.098\ 50\times10^{-06}$	$1.753\ 98\times10^{-01}$	$6.540\ 37\times10^{-01}$	$2.003\ 17\times10^{-03}$
612	0.067 0	$3.785\ 99\times10^{-06}$	$1.660\ 91\times10^{-01}$	$6.389\ 79\times10^{-01}$	$1.841\ 90\times10^{-03}$
613	0.075 8	$3.499\ 11\times10^{-06}$	$1.571\ 69\times10^{-01}$	$6.238\ 25\times10^{-01}$	$1.693\ 17\times10^{-03}$
614	0.085 6	$3.235\ 63\times10^{-06}$	$1.486\ 20\times10^{-01}$	$6.085\ 79\times10^{-01}$	$1.556\ 92\times10^{-03}$
615	0.096 6	$2.993\ 54\times10^{-06}$	$1.404\ 31\times10^{-01}$	$5.932\ 48\times10^{-01}$	$1.433\ 14\times10^{-03}$
616	0.109 0	—	$1.325\ 91\times10^{-01}$	$5.778\ 57\times10^{-01}$	$1.319\ 72\times10^{-03}$
617	0.122 4	—	$1.250\ 92\times10^{-01}$	$5.624\ 93\times10^{-01}$	$1.214\ 51\times10^{-03}$
618	0.137 4	—	$1.179\ 28\times10^{-01}$	$5.472\ 48\times10^{-01}$	$1.117\ 43\times10^{-03}$
619	0.153 0	—	$1.110\ 91\times10^{-01}$	$5.322\ 09\times10^{-01}$	$1.028\ 39\times10^{-03}$
620	0.168 9	—	$1.045\ 73\times10^{-01}$	$5.174\ 49\times10^{-01}$	$9.473\ 13\times10^{-04}$
621	0.186 1	—	$9.836\ 63\times10^{-02}$	$5.029\ 93\times10^{-01}$	$8.728\ 14\times10^{-04}$
622	0.199 2	—	$9.246\ 85\times10^{-02}$	$4.886\ 92\times10^{-01}$	$8.035\ 76\times10^{-04}$
623	0.213 1	—	$8.687\ 59\times10^{-02}$	$4.743\ 76\times10^{-01}$	$7.396\ 20\times10^{-04}$
624	0.227 4	—	$8.158\ 34\times10^{-02}$	$4.598\ 96\times10^{-01}$	$6.809\ 70\times10^{-04}$
625	0.242 3	—	$7.658\ 41\times10^{-02}$	$4.451\ 25\times10^{-01}$	$6.276\ 48\times10^{-04}$
626	0.258 5	—	$7.186\ 83\times10^{-02}$	$4.300\ 07\times10^{-01}$	$5.787\ 53\times10^{-04}$
627	0.275 2	—	$6.741\ 86\times10^{-02}$	$4.146\ 87\times10^{-01}$	$5.333\ 58\times10^{-04}$
628	0.293 2	—	$6.321\ 76\times10^{-02}$	$3.993\ 40\times10^{-01}$	$4.914\ 40\times10^{-04}$
629	0.315 8	—	$5.924\ 92\times10^{-02}$	$3.841\ 22\times10^{-01}$	$4.529\ 80\times10^{-04}$
630	0.343 6	—	$5.549\ 90\times10^{-02}$	$3.691\ 68\times10^{-01}$	$4.179\ 55\times10^{-04}$
631	0.372 9	—	$5.195\ 50\times10^{-02}$	$3.545\ 80\times10^{-01}$	$3.857\ 89\times10^{-04}$
632	0.403 2	—	$4.861\ 03\times10^{-02}$	$3.403\ 89\times10^{-01}$	$3.559\ 05\times10^{-04}$
633	0.435 7	—	$4.545\ 91\times10^{-02}$	$3.266\ 09\times10^{-01}$	$3.282\ 89\times10^{-04}$
634	0.469 7	—	$4.249\ 45\times10^{-02}$	$3.132\ 49\times10^{-01}$	$3.029\ 26\times10^{-04}$
635	0.505 5	—	$3.970\ 97\times10^{-02}$	$3.003\ 16\times10^{-01}$	$2.798\ 01\times10^{-04}$

表 A.1 不同感光蛋白的光谱响应曲线（续）

波长/nm	为光谱光(视)效率函数 $V(\lambda)$	S 型锥状体细胞 $s_{sc}(\lambda)$	M 型锥状体细胞 $s_{mc}(\lambda)$	L 型锥状体细胞 $s_{lc}(\lambda)$	黑视蛋白 $s_{mel}(\lambda)$
636	0.545 3	—	$3.709\ 52\times10^{-02}$	$2.878\ 17\times10^{-01}$	$2.585\ 44\times10^{-04}$
637	0.581 7	—	$3.463\ 47\times10^{-02}$	$2.757\ 62\times10^{-01}$	$2.387\ 85\times10^{-04}$
638	0.621 7	—	$3.231\ 25\times10^{-02}$	$2.641\ 58\times10^{-01}$	$2.205\ 08\times10^{-04}$
639	0.654 7	—	$3.011\ 51\times10^{-02}$	$2.530\ 09\times10^{-01}$	$2.036\ 99\times10^{-04}$
640	0.680 5	—	$2.803\ 14\times10^{-02}$	$2.423\ 16\times10^{-01}$	$1.883\ 41\times10^{-04}$
641	0.710 7	—	$2.605\ 64\times10^{-02}$	$2.320\ 61\times10^{-01}$	$1.741\ 92\times10^{-04}$
642	0.730 5	—	$2.420\ 11\times10^{-02}$	$2.221\ 58\times10^{-01}$	$1.610\ 20\times10^{-04}$
643	0.753 6	—	$2.247\ 60\times10^{-02}$	$2.125\ 16\times10^{-01}$	$1.488\ 21\times10^{-04}$
644	0.773 5	—	$2.088\ 70\times10^{-02}$	$2.030\ 60\times10^{-01}$	$1.375\ 94\times10^{-04}$
645	0.789 9	—	$1.943\ 66\times10^{-02}$	$1.937\ 30\times10^{-01}$	$1.273\ 37\times10^{-04}$
646	0.807 4	—	$1.812\ 00\times10^{-02}$	$1.844\ 95\times10^{-01}$	$1.178\ 91\times10^{-04}$
647	0.825 9	—	$1.691\ 49\times10^{-02}$	$1.754\ 02\times10^{-01}$	$1.090\ 96\times10^{-04}$
648	0.843 9	—	$1.579\ 91\times10^{-02}$	$1.665\ 09\times10^{-01}$	$1.009\ 49\times10^{-04}$
649	0.856 9	—	$1.475\ 43\times10^{-02}$	$1.578\ 65\times10^{-01}$	$9.344\ 37\times10^{-05}$
650	0.864 6	—	$1.376\ 60\times10^{-02}$	$1.495\ 09\times10^{-01}$	$8.657\ 51\times10^{-05}$
651	0.868 5	—	$1.282\ 46\times10^{-02}$	$1.414\ 70\times10^{-01}$	$8.024\ 05\times10^{-05}$
652	0.888 2	—	$1.193\ 04\times10^{-02}$	$1.337\ 60\times10^{-01}$	$7.433\ 83\times10^{-05}$
653	0.903 3	—	$1.108\ 50\times10^{-02}$	$1.263\ 83\times10^{-01}$	$6.886\ 50\times10^{-05}$
654	0.914 6	—	$1.028\ 92\times10^{-02}$	$1.193\ 43\times10^{-01}$	$6.381\ 72\times10^{-05}$
655	0.922 3	—	$9.543\ 15\times10^{-03}$	$1.126\ 38\times10^{-01}$	$5.919\ 14\times10^{-05}$
656	0.926 9	—	$8.846\ 09\times10^{-03}$	$1.062\ 64\times10^{-01}$	$5.492\ 03\times10^{-05}$
657	0.941 5	—	$8.196\ 00\times10^{-03}$	$1.002\ 08\times10^{-01}$	$5.093\ 74\times10^{-05}$
658	0.953 1	—	$7.590\ 59\times10^{-03}$	$9.445\ 58\times10^{-02}$	$4.724\ 04\times10^{-05}$
659	0.962 1	—	$7.027\ 54\times10^{-03}$	$8.899\ 34\times10^{-02}$	$4.382\ 69\times10^{-05}$
660	0.968 6	—	$6.504\ 55\times10^{-03}$	$8.380\ 77\times10^{-02}$	$4.069\ 45\times10^{-05}$
661	0.972 9	—	$6.019\ 52\times10^{-03}$	$7.888\ 65\times10^{-02}$	$3.779\ 90\times10^{-05}$
662	0.981 5	—	$5.570\ 93\times10^{-03}$	$7.421\ 91\times10^{-02}$	$3.509\ 66\times10^{-05}$
663	0.988 0	—	$5.157\ 28\times10^{-03}$	$6.979\ 52\times10^{-02}$	$3.258\ 57\times10^{-05}$
664	0.992 5	—	$4.776\ 87\times10^{-03}$	$6.560\ 50\times10^{-02}$	$3.026\ 47\times10^{-05}$

表 A.1 不同感光蛋白的光谱响应曲线（续）

波长/nm	为光谱光(视)效率函数 $V(\lambda)$	S 型锥状体细胞 $s_{sc}(\lambda)$	M 型锥状体细胞 $s_{mc}(\lambda)$	L 型锥状体细胞 $s_{lc}(\lambda)$	黑视蛋白 $s_{mel}(\lambda)$
665	0.995 1	—	$4.427\ 94\times10^{-03}$	$6.163\ 84\times10^{-02}$	$2.813\ 20\times10^{-05}$
666	0.996 1	—	$4.108\ 32\times10^{-03}$	$5.788\ 57\times10^{-02}$	$2.615\ 87\times10^{-05}$
667	0.998 8	—	$3.814\ 70\times10^{-03}$	$5.433\ 66\times10^{-02}$	$2.431\ 58\times10^{-05}$
668	1.000 0	—	$3.543\ 92\times10^{-03}$	$5.098\ 11\times10^{-02}$	$2.260\ 17\times10^{-05}$
669	0.999 6	—	$3.293\ 29\times10^{-03}$	$4.780\ 96\times10^{-02}$	$2.101\ 48\times10^{-05}$
670	0.997 7	—	$3.060\ 50\times10^{-03}$	$4.481\ 32\times10^{-02}$	$1.955\ 35\times10^{-05}$
671	0.993 9	—	$2.843\ 69\times10^{-03}$	$4.198\ 31\times10^{-02}$	$1.819\ 82\times10^{-05}$
672	0.987 3	—	$2.641\ 75\times10^{-03}$	$3.931\ 11\times10^{-02}$	$1.693\ 02\times10^{-05}$
673	0.978 9	—	$2.453\ 74\times10^{-03}$	$3.678\ 92\times10^{-02}$	$1.574\ 93\times10^{-05}$
674	0.969 0	—	$2.278\ 75\times10^{-03}$	$3.440\ 98\times10^{-02}$	$1.465\ 53\times10^{-05}$
675	0.957 5	—	$2.115\ 96\times10^{-03}$	$3.216\ 60\times10^{-02}$	$1.364\ 80\times10^{-05}$
676	0.944 4	—	$1.964\ 56\times10^{-03}$	$3.005\ 09\times10^{-02}$	$1.271\ 43\times10^{-05}$
677	0.930 6	—	$1.823\ 78\times10^{-03}$	$2.805\ 94\times10^{-02}$	$1.184\ 07\times10^{-05}$
678	0.915 2	—	$1.692\ 87\times10^{-03}$	$2.618\ 61\times10^{-02}$	$1.102\ 69\times10^{-05}$
679	0.898 5	—	$1.571\ 15\times10^{-03}$	$2.442\ 60\times10^{-02}$	$1.027\ 23\times10^{-05}$
680	0.880 5	—	$1.457\ 98\times10^{-03}$	$2.277\ 38\times10^{-02}$	$9.576\ 37\times10^{-06}$
681	0.861 1	—	$1.352\ 74\times10^{-03}$	$2.122\ 38\times10^{-02}$	$8.930\ 33\times10^{-06}$
682	0.839 1	—	$1.254\ 76\times10^{-03}$	$1.976\ 79\times10^{-02}$	$8.325\ 43\times10^{-06}$
683	0.816 1	—	$1.163\ 40\times10^{-03}$	$1.839\ 86\times10^{-02}$	$7.761\ 35\times10^{-06}$
684	0.792 1	—	$1.078\ 12\times10^{-03}$	$1.710\ 92\times10^{-02}$	$7.237\ 73\times10^{-06}$
685	0.767 5	—	$9.984\ 24\times10^{-04}$	$1.589\ 39\times10^{-02}$	$6.754\ 25\times10^{-06}$
686	0.742 3	—	$9.239\ 62\times10^{-04}$	$1.474\ 92\times10^{-02}$	$6.304\ 99\times10^{-06}$
687	0.718 2	—	$8.547\ 13\times10^{-04}$	$1.367\ 73\times10^{-02}$	$5.884\ 07\times10^{-06}$
688	0.693 8	—	$7.906\ 52\times10^{-04}$	$1.268\ 04\times10^{-02}$	$5.491\ 15\times10^{-06}$
689	0.669 0	—	$7.316\ 84\times10^{-04}$	$1.175\ 90\times10^{-02}$	$5.125\ 92\times10^{-06}$
690	0.644 0	—	$6.776\ 53\times10^{-04}$	$1.091\ 23\times10^{-02}$	$4.788\ 04\times10^{-06}$
691	0.618 8	—	$6.282\ 97\times10^{-04}$	$1.013\ 73\times10^{-02}$	$4.473\ 47\times10^{-06}$
692	0.593 6	—	$5.831\ 08\times10^{-04}$	$9.425\ 68\times10^{-03}$	$4.178\ 29\times10^{-06}$
693	0.568 4	—	$5.415\ 84\times10^{-04}$	$8.769\ 17\times10^{-03}$	$3.902\ 43\times10^{-06}$

表 A.1 不同感光蛋白的光谱响应曲线（续）

波长/nm	为光谱光(视)效率函数 $V(\lambda)$	S 型锥状体细胞 $s_{sc}(\lambda)$	M 型锥状体细胞 $s_{mc}(\lambda)$	L 型锥状体细胞 $s_{lc}(\lambda)$	黑视蛋白 $s_{mel}(\lambda)$
694	0.543 2	—	$5.032\ 94\times10^{-04}$	$8.160\ 76\times10^{-03}$	$3.645\ 83\times10^{-06}$
695	0.518 1	—	$4.678\ 70\times10^{-04}$	$7.594\ 53\times10^{-03}$	$3.408\ 41\times10^{-06}$
696	0.493 3	—	$4.350\ 07\times10^{-04}$	$7.065\ 88\times10^{-03}$	$3.187\ 39\times10^{-06}$
697	0.468 8	—	$4.044\ 90\times10^{-04}$	$6.572\ 52\times10^{-03}$	$2.979\ 98\times10^{-06}$
698	0.444 6	—	$3.761\ 38\times10^{-04}$	$6.112\ 62\times10^{-03}$	$2.786\ 04\times10^{-06}$
699	0.420 8	—	$3.497\ 84\times10^{-04}$	$5.684\ 40\times10^{-03}$	$2.605\ 48\times10^{-06}$
700	0.397 2	—	$3.252\ 78\times10^{-04}$	$5.286\ 07\times10^{-03}$	$2.438\ 19\times10^{-06}$
701	0.373 6	—	$3.024\ 77\times10^{-04}$	$4.915\ 73\times10^{-03}$	$2.282\ 25\times10^{-06}$
702	0.349 9	—	$2.812\ 37\times10^{-04}$	$4.570\ 86\times10^{-03}$	$2.135\ 80\times10^{-06}$
703	0.326 4	—	$2.614\ 27\times10^{-04}$	$4.249\ 08\times10^{-03}$	$1.998\ 74\times10^{-06}$
704	0.303 3	—	$2.429\ 30\times10^{-04}$	$3.948\ 32\times10^{-03}$	$1.871\ 01\times10^{-06}$
705	0.281 0	—	$2.256\ 41\times10^{-04}$	$3.666\ 75\times10^{-03}$	$1.752\ 52\times10^{-06}$
706	0.259 9	—	$2.094\ 78\times10^{-04}$	$3.402\ 97\times10^{-03}$	$1.641\ 97\times10^{-06}$
707	0.240 1	—	$1.944\ 00\times10^{-04}$	$3.156\ 32\times10^{-03}$	$1.538\ 06\times10^{-06}$
708	0.221 7	—	$1.803\ 70\times10^{-04}$	$2.926\ 24\times10^{-03}$	$1.440\ 73\times10^{-06}$
709	0.204 1	—	$1.673\ 47\times10^{-04}$	$2.712\ 13\times10^{-03}$	$1.349\ 93\times10^{-06}$
710	0.187 5	—	$1.552\ 86\times10^{-04}$	$2.513\ 27\times10^{-03}$	$1.265\ 60\times10^{-06}$
711	0.171 6	—	$1.441\ 35\times10^{-04}$	$2.328\ 95\times10^{-03}$	$1.186\ 83\times10^{-06}$
712	0.156 6	—	$1.338\ 30\times10^{-04}$	$2.158\ 36\times10^{-03}$	$1.112\ 73\times10^{-06}$
713	0.142 3	—	$1.243\ 09\times10^{-04}$	$2.000\ 71\times10^{-03}$	$1.043\ 26\times10^{-06}$
714	0.129 0	—	$1.155\ 13\times10^{-04}$	$1.855\ 21\times10^{-03}$	$9.783\ 85\times10^{-07}$
715	0.116 5	—	$1.073\ 88\times10^{-04}$	$1.721\ 08\times10^{-03}$	$9.180\ 78\times10^{-07}$
716	0.104 9	—	$9.988\ 00\times10^{-05}$	$1.597\ 50\times10^{-03}$	$8.617\ 05\times10^{-07}$
717	0.094 3	—	$9.293\ 20\times10^{-05}$	$1.483\ 42\times10^{-03}$	$8.086\ 40\times10^{-07}$
718	0.084 6	—	$8.649\ 07\times10^{-05}$	$1.377\ 87\times10^{-03}$	$7.588\ 53\times10^{-07}$
719	0.075 6	—	$8.050\ 90\times10^{-05}$	$1.279\ 98\times10^{-03}$	$7.123\ 13\times10^{-07}$
720	0.067 4	—	$7.494\ 53\times10^{-05}$	$1.189\ 00\times10^{-03}$	$6.689\ 91\times10^{-07}$
721	0.059 8	—	$6.976\ 52\times10^{-05}$	$1.104\ 33\times10^{-03}$	$6.284\ 44\times10^{-07}$
722	0.052 9	—	$6.494\ 70\times10^{-05}$	$1.025\ 63\times10^{-03}$	$5.902\ 39\times10^{-07}$

表 A.1 不同感光蛋白的光谱响应曲线（续）

波长/nm	为光谱光(视)效率函数 $V(\lambda)$	S 型锥状体细胞 $s_{sc}(\lambda)$	M 型锥状体细胞 $s_{mc}(\lambda)$	L 型锥状体细胞 $s_{lc}(\lambda)$	黑视蛋白 $s_{mel}(\lambda)$
723	0.046 6	—	$6.047\ 18\times10^{-05}$	$9.526\ 02\times10^{-04}$	$5.543\ 63\times10^{-07}$
724	0.041 0	—	$5.632\ 07\times10^{-05}$	$8.849\ 59\times10^{-04}$	$5.207\ 98\times10^{-07}$
725	0.035 9	—	$5.247\ 48\times10^{-05}$	$8.223\ 96\times10^{-04}$	$4.895\ 31\times10^{-07}$
726	0.031 4	—	$4.891\ 42\times10^{-05}$	$7.645\ 85\times10^{-04}$	$4.602\ 51\times10^{-07}$
727	0.027 5	—	$4.561\ 37\times10^{-05}$	$7.111\ 10\times10^{-04}$	$4.326\ 48\times10^{-07}$
728	0.024 2	—	$4.254\ 90\times10^{-05}$	$6.615\ 70\times10^{-04}$	$4.067\ 10\times10^{-07}$
729	0.021 4	—	$3.969\ 89\times10^{-05}$	$6.156\ 12\times10^{-04}$	$3.824\ 20\times10^{-07}$
730	0.018 9	—	$3.704\ 43\times10^{-05}$	$5.729\ 17\times10^{-04}$	$3.597\ 66\times10^{-07}$
731	0.016 7	—	$3.456\ 88\times10^{-05}$	$5.332\ 06\times10^{-04}$	$3.385\ 28\times10^{-07}$
732	0.014 5	—	$3.225\ 88\times10^{-05}$	$4.962\ 34\times10^{-04}$	$3.184\ 90\times10^{-07}$
733	0.012 6	—	$3.010\ 26\times10^{-05}$	$4.617\ 82\times10^{-04}$	$2.996\ 44\times10^{-07}$
734	0.010 9	—	$2.808\ 93\times10^{-05}$	$4.296\ 54\times10^{-04}$	$2.819\ 81\times10^{-07}$
735	0.009 3	—	$2.620\ 88\times10^{-05}$	$3.996\ 70\times10^{-04}$	$2.654\ 93\times10^{-07}$
736	0.008 1	—	$2.445\ 29\times10^{-05}$	$3.716\ 90\times10^{-04}$	$2.500\ 26\times10^{-07}$
737	0.006 9	—	$2.281\ 77\times10^{-05}$	$3.456\ 50\times10^{-04}$	$2.354\ 24\times10^{-07}$
738	0.006 0	—	$2.129\ 95\times10^{-05}$	$3.214\ 94\times10^{-04}$	$2.216\ 81\times10^{-07}$
739	0.005 2	—	$1.989\ 41\times10^{-05}$	$2.991\ 55\times10^{-04}$	$2.087\ 89\times10^{-07}$
740	0.004 6	—	$1.859\ 65\times10^{-05}$	$2.785\ 53\times10^{-04}$	$1.967\ 40\times10^{-07}$
741	0.004 0	—	$1.740\ 03\times10^{-05}$	$2.595\ 83\times10^{-04}$	$1.854\ 26\times10^{-07}$
742	0.003 5	—	$1.629\ 31\times10^{-05}$	$2.420\ 61\times10^{-04}$	$1.747\ 36\times10^{-07}$
743	0.003 1	—	$1.526\ 32\times10^{-05}$	$2.258\ 09\times10^{-04}$	$1.646\ 66\times10^{-07}$
744	0.002 7	—	$1.430\ 05\times10^{-05}$	$2.106\ 74\times10^{-04}$	$1.552\ 12\times10^{-07}$
745	0.002 3	—	$1.339\ 65\times10^{-05}$	$1.965\ 28\times10^{-04}$	$1.463\ 70\times10^{-07}$
746	0.002 1	—	$1.254\ 49\times10^{-05}$	$1.832\ 71\times10^{-04}$	$1.380\ 62\times10^{-07}$
747	0.001 8	—	$1.174\ 41\times10^{-05}$	$1.708\ 68\times10^{-04}$	$1.302\ 08\times10^{-07}$
748	0.001 6	—	$1.099\ 29\times10^{-05}$	$1.592\ 90\times10^{-04}$	$1.228\ 05\times10^{-07}$
749	0.001 4	—	$1.029\ 00\times10^{-05}$	$1.485\ 06\times10^{-04}$	$1.158\ 48\times10^{-07}$
750	0.001 2	—	$9.633\ 97\times10^{-06}$	$1.384\ 82\times10^{-04}$	$1.093\ 32\times10^{-07}$
751	0.001 0	—	$9.022\ 63\times10^{-06}$	$1.291\ 79\times10^{-04}$	$1.032\ 02\times10^{-07}$

表 A.1 不同感光蛋白的光谱响应曲线（续）

波长/nm	为光谱光(视)效率函数 $V(\lambda)$	S 型锥状体细胞 $s_{sc}(\lambda)$	M 型锥状体细胞 $s_{mc}(\lambda)$	L 型锥状体细胞 $s_{lc}(\lambda)$	黑视蛋白 $s_{mel}(\lambda)$
752	0.000 9	—	$8.453\ 01\times10^{-06}$	$1.205\ 42\times10^{-04}$	$9.740\ 05\times10^{-08}$
753	0.000 8	—	$7.922\ 07\times10^{-06}$	$1.125\ 19\times10^{-04}$	$9.192\ 74\times10^{-08}$
754	0.000 7	—	$7.427\ 00\times10^{-06}$	$1.050\ 61\times10^{-04}$	$8.678\ 07\times10^{-08}$
755	0.000 6	—	$6.965\ 22\times10^{-06}$	$9.812\ 26\times10^{-05}$	$8.195\ 87\times10^{-08}$
756	0.000 5	—	$6.534\ 22\times10^{-06}$	$9.166\ 41\times10^{-05}$	$7.742\ 02\times10^{-08}$
757	0.000 0	—	$6.131\ 29\times10^{-06}$	$8.564\ 55\times10^{-05}$	$7.312\ 43\times10^{-08}$
758	0.000 0	—	$5.753\ 91\times10^{-06}$	$8.003\ 02\times10^{-05}$	$6.906\ 93\times10^{-08}$
759	0.000 0	—	$5.399\ 84\times10^{-06}$	$7.478\ 58\times10^{-05}$	$6.525\ 34\times10^{-08}$
760	0.000 0	—	$5.067\ 11\times10^{-06}$	$6.988\ 27\times10^{-05}$	$6.167\ 49\times10^{-08}$
761	0.000 0	—	$4.754\ 13\times10^{-06}$	$6.529\ 66\times10^{-05}$	$5.830\ 44\times10^{-08}$
762	0.000 0	—	$4.460\ 19\times10^{-06}$	$6.101\ 28\times10^{-05}$	$5.511\ 24\times10^{-08}$
763	0.000 0	—	$4.184\ 66\times10^{-06}$	$5.701\ 83\times10^{-05}$	$5.209\ 72\times10^{-08}$
764	0.000 0	—	$3.926\ 90\times10^{-06}$	$5.329\ 96\times10^{-05}$	$4.925\ 75\times10^{-08}$
765	0.000 0	—	$3.686\ 17\times10^{-06}$	$4.984\ 30\times10^{-05}$	$4.659\ 16\times10^{-08}$
766	0.000 0	—	$3.461\ 57\times10^{-06}$	$4.663\ 22\times10^{-05}$	$4.407\ 82\times10^{-08}$
767	0.000 0	—	$3.251\ 55\times10^{-06}$	$4.364\ 24\times10^{-05}$	$4.169\ 62\times10^{-08}$
768	0.000 0	—	$3.054\ 64\times10^{-06}$	$4.085\ 01\times10^{-05}$	$3.944\ 44\times10^{-08}$
769	0.000 0	—	$2.869\ 51\times10^{-06}$	$3.823\ 46\times10^{-05}$	$3.732\ 18\times10^{-08}$
770	0.000 0	—	$2.695\ 04\times10^{-06}$	$3.577\ 81\times10^{-05}$	$3.532\ 72\times10^{-08}$
771	0.000 0	—	$2.530\ 40\times10^{-06}$	$3.346\ 76\times10^{-05}$	$3.344\ 51\times10^{-08}$
772	0.000 0	—	$2.375\ 50\times10^{-06}$	$3.130\ 07\times10^{-05}$	$3.166\ 00\times10^{-08}$
773	0.000 0	—	$2.230\ 33\times10^{-06}$	$2.927\ 61\times10^{-05}$	$2.997\ 12\times10^{-08}$
774	0.000 0	—	$2.094\ 78\times10^{-06}$	$2.739\ 08\times10^{-05}$	$2.837\ 82\times10^{-08}$
775	0.000 0	—	$1.968\ 64\times10^{-06}$	$2.564\ 11\times10^{-05}$	$2.688\ 03\times10^{-08}$
776	0.000 0	—	$1.851\ 52\times10^{-06}$	$2.402\ 05\times10^{-05}$	$2.548\ 00\times10^{-08}$
777	0.000 0	—	$1.742\ 48\times10^{-06}$	$2.251\ 60\times10^{-05}$	$2.416\ 60\times10^{-08}$
778	0.000 0	—	$1.640\ 60\times10^{-06}$	$2.111\ 45\times10^{-05}$	$2.291\ 67\times10^{-08}$
779	0.000 0	—	$1.545\ 07\times10^{-06}$	$1.980\ 46\times10^{-05}$	$2.171\ 05\times10^{-08}$
780	0.000 0	—	$1.455\ 18\times10^{-06}$	$1.857\ 66\times10^{-05}$	$2.052\ 58\times10^{-08}$

附　录　B
（资料性）
光谱直接透射率修正系数

不同年龄的光谱直接透射率修正系数可按表 B.1 确定。

表 B.1　不同年龄的光谱直接透射率修正系数

波长/nm	年龄									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
300	37.288	9.600	1.000	0.042	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
305	51.057	11.683	1.000	0.032	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
310	66.470	13.778	1.000	0.025	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
315	80.826	15.567	1.000	0.021	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
320	90.544	16.707	1.000	0.019	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
325	92.576	16.946	1.000	0.019	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
330	86.103	16.195	1.000	0.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
335	73.049	14.612	1.000	0.023	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
340	57.035	12.520	1.000	0.029	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
345	41.591	10.280	1.000	0.038	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
350	28.874	8.180	1.000	0.053	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
355	19.467	6.396	1.000	0.074	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
360	13.024	4.974	1.000	0.106	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
365	8.812	3.897	1.000	0.149	0.013	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
370	6.126	3.104	1.000	0.205	0.027	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
375	4.427	2.535	1.000	0.272	0.051	0.007	0.001	0.000	0.000	0.000
380	3.346	2.127	1.000	0.348	0.089	0.017	0.002	0.000	0.000	0.000
385	2.651	1.839	1.000	0.426	0.142	0.037	0.008	0.001	0.000	0.000
390	2.197	1.635	1.000	0.502	0.207	0.070	0.020	0.004	0.001	0.000
395	1.896	1.492	1.000	0.571	0.278	0.115	0.041	0.012	0.003	0.001
400	1.693	1.390	1.000	0.631	0.349	0.169	0.072	0.027	0.009	0.003
405	1.553	1.317	1.000	0.680	0.414	0.226	0.111	0.048	0.019	0.007
410	1.456	1.265	1.000	0.720	0.472	0.282	0.153	0.076	0.034	0.014
415	1.386	1.227	1.000	0.752	0.521	0.332	0.196	0.106	0.053	0.024
420	1.335	1.198	1.000	0.777	0.562	0.378	0.236	0.138	0.075	0.038

表 B.1 不同年龄的光谱直接透射率修正系数（续）

波长/nm	年龄									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
425	1.294	1.175	1.000	0.797	0.596	0.418	0.275	0.169	0.098	0.053
430	1.264	1.158	1.000	0.815	0.626	0.454	0.310	0.200	0.122	0.070
435	1.238	1.143	1.000	0.829	0.652	0.486	0.343	0.230	0.146	0.088
440	1.217	1.130	1.000	0.842	0.676	0.516	0.375	0.260	0.171	0.107
445	1.198	1.120	1.000	0.854	0.697	0.544	0.405	0.289	0.197	0.128
450	1.181	1.110	1.000	0.864	0.717	0.570	0.435	0.318	0.223	0.150
455	1.166	1.101	1.000	0.874	0.735	0.595	0.463	0.347	0.250	0.174
460	1.153	1.093	1.000	0.883	0.753	0.619	0.492	0.377	0.278	0.199
465	1.140	1.085	1.000	0.891	0.769	0.643	0.519	0.406	0.307	0.225
470	1.129	1.079	1.000	0.900	0.785	0.665	0.547	0.436	0.337	0.253
475	1.118	1.072	1.000	0.907	0.800	0.687	0.573	0.465	0.367	0.282
480	1.108	1.066	1.000	0.914	0.815	0.708	0.599	0.495	0.398	0.312
485	1.099	1.061	1.000	0.921	0.828	0.728	0.625	0.524	0.429	0.343
490	1.090	1.055	1.000	0.927	0.841	0.747	0.650	0.553	0.460	0.375
495	1.082	1.051	1.000	0.933	0.854	0.766	0.673	0.581	0.491	0.407
500	1.075	1.046	1.000	0.939	0.865	0.783	0.696	0.608	0.521	0.439
505	1.068	1.042	1.000	0.944	0.876	0.800	0.718	0.634	0.551	0.471
510	1.062	1.038	1.000	0.948	0.886	0.815	0.739	0.660	0.580	0.502
515	1.057	1.035	1.000	0.953	0.895	0.830	0.758	0.684	0.608	0.533
520	1.052	1.032	1.000	0.957	0.904	0.843	0.777	0.707	0.635	0.563
525	1.047	1.029	1.000	0.961	0.912	0.856	0.794	0.728	0.660	0.592
530	1.043	1.027	1.000	0.964	0.919	0.867	0.810	0.748	0.684	0.619
535	1.039	1.024	1.000	0.967	0.926	0.878	0.825	0.767	0.707	0.645
540	1.036	1.022	1.000	0.970	0.932	0.888	0.838	0.785	0.728	0.670
545	1.033	1.020	1.000	0.972	0.937	0.897	0.851	0.801	0.748	0.693
550	1.030	1.019	1.000	0.975	0.943	0.905	0.862	0.816	0.766	0.714
555	1.027	1.017	1.000	0.976	0.947	0.912	0.873	0.830	0.783	0.734
560	1.025	1.016	1.000	0.978	0.951	0.919	0.883	0.842	0.798	0.752
565	1.023	1.014	1.000	0.980	0.955	0.925	0.891	0.853	0.813	0.769
570	1.022	1.013	1.000	0.982	0.958	0.931	0.899	0.864	0.826	0.785

表 B.1 不同年龄的光谱直接透射率修正系数（续）

波长/nm	年龄									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
575	1.020	1.012	1.000	0.983	0.961	0.936	0.906	0.873	0.837	0.799
580	1.019	1.011	1.000	0.984	0.964	0.940	0.912	0.882	0.848	0.812
585	1.017	1.011	1.000	0.985	0.966	0.944	0.918	0.889	0.858	0.823
590	1.016	1.010	1.000	0.986	0.968	0.948	0.923	0.896	0.866	0.834
595	1.015	1.010	1.000	0.987	0.971	0.951	0.928	0.902	0.874	0.844
600	1.014	1.009	1.000	0.988	0.972	0.954	0.932	0.908	0.881	0.853
605	1.013	1.008	1.000	0.989	0.974	0.956	0.936	0.913	0.888	0.860
610	1.012	1.008	1.000	0.989	0.975	0.959	0.939	0.918	0.894	0.868
615	1.012	1.007	1.000	0.990	0.977	0.961	0.943	0.922	0.899	0.874
620	1.011	1.007	1.000	0.990	0.978	0.963	0.945	0.926	0.904	0.880
625	1.011	1.007	1.000	0.991	0.979	0.965	0.948	0.929	0.908	0.886
630	1.010	1.006	1.000	0.991	0.980	0.966	0.950	0.932	0.912	0.891
635	1.010	1.006	1.000	0.992	0.981	0.968	0.953	0.935	0.916	0.895
640	1.009	1.006	1.000	0.992	0.982	0.969	0.954	0.938	0.920	0.900
645	1.009	1.005	1.000	0.992	0.982	0.970	0.956	0.940	0.923	0.903
650	1.009	1.005	1.000	0.992	0.983	0.971	0.958	0.943	0.926	0.907
655	1.008	1.005	1.000	0.993	0.984	0.973	0.960	0.945	0.928	0.910
660	1.008	1.005	1.000	0.993	0.984	0.973	0.961	0.947	0.931	0.913
665	1.008	1.005	1.000	0.993	0.985	0.974	0.962	0.949	0.933	0.916
670	1.007	1.005	1.000	0.993	0.985	0.975	0.964	0.950	0.935	0.919
675	1.007	1.004	1.000	0.994	0.986	0.976	0.965	0.952	0.937	0.922
680	1.007	1.004	1.000	0.994	0.986	0.977	0.966	0.953	0.939	0.924
685	1.007	1.004	1.000	0.994	0.987	0.978	0.967	0.955	0.941	0.926
690	1.006	1.004	1.000	0.994	0.987	0.978	0.968	0.956	0.943	0.928
695	1.006	1.004	1.000	0.995	0.987	0.979	0.969	0.957	0.945	0.931
700	1.006	1.004	1.000	0.995	0.988	0.979	0.970	0.959	0.946	0.933
705	1.006	1.004	1.000	0.995	0.988	0.980	0.970	0.959	0.947	0.934
710	1.006	1.004	1.000	0.995	0.988	0.980	0.970	0.960	0.948	0.934
715	1.006	1.004	1.000	0.995	0.988	0.980	0.971	0.960	0.948	0.934
720	1.006	1.004	1.000	0.995	0.988	0.980	0.971	0.960	0.948	0.934

表 B.1 不同年龄的光谱直接透射率修正系数（续）

波长/nm	年龄									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
725	1.006	1.004	1.000	0.995	0.988	0.980	0.971	0.960	0.948	0.935
730	1.006	1.004	1.000	0.995	0.988	0.980	0.971	0.960	0.948	0.935
735	1.006	1.004	1.000	0.995	0.988	0.980	0.971	0.960	0.948	0.935
740	1.006	1.004	1.000	0.995	0.988	0.980	0.971	0.960	0.948	0.935
745	1.006	1.004	1.000	0.995	0.988	0.980	0.971	0.960	0.948	0.935
750	1.006	1.004	1.000	0.995	0.988	0.980	0.971	0.960	0.948	0.935
755	1.006	1.004	1.000	0.995	0.988	0.980	0.971	0.960	0.948	0.935
760	1.006	1.004	1.000	0.995	0.988	0.980	0.971	0.960	0.948	0.935
765	1.006	1.004	1.000	0.995	0.988	0.980	0.971	0.960	0.948	0.935
770	1.006	1.004	1.000	0.995	0.988	0.980	0.971	0.960	0.948	0.935
775	1.006	1.004	1.000	0.995	0.988	0.980	0.971	0.960	0.948	0.935
780	1.006	1.004	1.000	0.995	0.988	0.980	0.971	0.960	0.948	0.935

附　录　C
（规范性）
阈值增量的计算

路面亮度范围为 0.05 cd/m^2 $<L_{av}<$ 5 cd/m^2 时，阈值增量应按式(C.1)～式(C.3)计算：

$$f_{TI}=100\%\cdot 65\cdot\sum_{k=1}^{n}L_{v,k}/L_{av}^{0.8} \qquad \cdots\cdots(C.1)$$

当 1.5°$<\theta_k\leqslant$60°时：

$$L_{v,k}=9.86\cdot[1+(A/66.4)^4]\cdot\frac{E_k}{\theta_k^2} \qquad \cdots\cdots(C.2)$$

当 0.1°$<\theta_k\leqslant$1.5°时：

$$L_{v,k}=5\cdot[1+(A/62.5)^4]\cdot\frac{E_k}{\theta_k^2}+10\cdot\frac{E_k}{\theta_k^3} \qquad \cdots\cdots(C.3)$$

式中：

f_{TI} ——阈值增量，%；

L_{av} ——路面平均亮度，单位为坎德拉每平方米(cd/m^2)；

n ——阈值增量观测中观测的路灯数量；

$L_{v,k}$ ——观察者视野中的第 k 个灯具产生的光幕亮度，单位为坎德拉每平方米(cd/m^2)；

A ——观察者年龄，单位为岁，一般取值为 30 岁；

E_k ——观察者视野中的第 k 个灯具在其眼睛处(路面上方 1.5 m)垂直于视线方向的表面上产生的照度，单位为勒克斯(lx)；

θ_k ——视线与人眼至第 k 个灯具光中心连线的夹角(视线位于水平线以下 1°并经过观察者眼睛的沿道路轴线的纵向垂直面上)。

附　录　D
（规范性）
各场所照明测点布置

居住建筑和公共建筑照明测量的场所和照度测点位置、高度及最大测点间距应符合表 D.1～表 D.12的规定。

表 D.1　居住建筑的照明测量

房间或场所		照度测点高度	最大照度测点间距
起居室	一般活动	地面水平面	1.0 m×1.0 m
	书写、阅读	0.75 m 水平面	
卧室	一般活动	地面水平面	1.0 m×1.0 m
	床头、阅读	0.75 m 水平面	
餐 厅		0.75 m 水平面	1.0 m×1.0 m
厨 房	一般活动	地面水平面	1.0 m×1.0 m
	操作台	台面	0.5 m×0.5 m
卫生间		0.75 m 水平面	1.0 m×1.0 m

表 D.2　图书馆建筑照明测量

房间或场所	照度测点高度	最大照度测点间距
阅览室	0.75 m 水平面	2.0 m×2.0 m 4.0 m×4.0 m
陈列室、目录室、出纳室	0.75 m 水平面	2.0 m×2.0 m
书库	地面水平面 书架垂直面	2.0 m×2.0 m 4.0 m×4.0 m
工作间	0.75 m 水平面	2.0 m×2.0 m

表 D.3　办公建筑照明测量

房间或场所	照度测点高度	最大照度测点间距
办公室	0.75 m 水平面	2.0 m×2.0 m 4.0 m×4.0 m
会议室	0.75 m 水平面	2.0 m×2.0 m
接待室、前台	0.75 m 水平面	2.0 m×2.0 m 4.0 m×4.0 m

表 D.3　办公建筑照明测量（续）

房间或场所	照度测点高度	最大照度测点间距
营业厅	0.75 m 水平面	2.0 m×2.0 m
设计室	0.75 m 水平面	2.0 m×2.0 m
文件整理复印发行	0.75 m 水平面	2.0 m×2.0 m
资料档案	0.75 m 水平面	2.0 m×2.0 m
主席台	0.75 m 水平面 1.2 m 垂直面	—

表 D.4　商店建筑照明测量

房间或场所		照度测点高度	最大照度测点间距
营业厅		0.75 m 水平面	2.0 m×2.0 m 4.0 m×4.0 m 5.0 m×5.0 m 10.0 m×10.0 m
仓储式营业厅		通道——地面	通道中心线，间隔 2.0 m ～4.0 m
		货柜的垂直面	上、中、下各一点，间距与通道测点对应
收款台		台面	0.5 m×0.5 m

表 D.5　观演建筑照明测量

房间或场所		照度测点高度	最大照度测点间距
观众厅		1.10 m～1.20 m， 且不低于座椅背高度	2.0 m×2.0 m 4.0 m×4.0 m 5.0 m×5.0 m
观众休息厅		0.0 m 水平面	2.0 m×2.0 m 4.0 m×4.0 m 5.0 m×5.0 m
排演厅		0.75 m 水平面	2.0 m×2.0 m 4.0 m×4.0 m 5.0 m×5.0 m
化妆室	一般活动	0.75 m 水平面	2.0 m×2.0 m
	化妆台	台面	0.5 m×0.5 m
卫 生 间		0.75 m 水平面	2.0 m×2.0 m
（礼堂）主席台		0.75 m 水平面 1.20 m 垂直面	2.0 m×2.0 m

表 D.6　旅馆建筑照明测量

房间或场所		照度测点高度	最大照度测点间距
客房	一般活动	0.75 m 水平面	1.0 m×1.0 m
	床头		0.5 m×0.5 m
	写字台	台面	0.5 m×0.5 m
	卫 生 间	0.75 m 水平面	1.0 m×1.0 m
餐厅		0.75 m 水平面	2.0 m×2.0 m 4.0 m×4.0 m
多功能厅	一般活动	0.75 m 水平面	1.0 m×1.0 m
	主席台	0.75 m 水平面 1.20 m 垂直面	2.0 m×2.0 m
总服务台		0.75 m 水平面	1.0 m×1.0 m
门厅、休息厅		地面	2.0 m×2.0 m 4.0 m×4.0 m
客房层走廊		地面	走廊中心线，间隔 2.0 m
厨房	一般活动	0.75 m 水平面	2.0 m×2.0 m
	操作台	台面	0.5 m×0.5 m
洗衣房		0.75 m 水平面	2.0 m×2.0 m 4.0 m×4.0 m

表 D.7　医疗建筑照明测量

房间或场所		照度测点高度	最大照度测点间距
诊室、治疗室、化验室、手术室		0.75 m 水平面	1.0 m×1.0 m 2.0 m×2.0 m
门厅、通道		地面	2.0 m×2.0 m 4.0 m×4.0 m
挂号厅 收费厅	一般活动	0.75 m 水平面	2.0 m×2.0 m
	收银台	台面	1.0 m×1.0 m
候诊厅		0.75 m 水平面	2.0 m×2.0 m 4.0 m×4.0 m
病房	一般活动	地面	1.0 m×1.0 m 2.0 m×2.0 m
	床头	0.75 m 水平面	
护士站		0.75 m 水平面	2.0 m×2.0 m
药房		0.75 m 水平面	2.0 m×2.0 m

表 D.8　老年人照料设施建筑照明测量

房间或场所	参考平面及其高度	最大照度测点间距
起居室	0.75 m 水平面	1.0 m×1.0 m 2.0 m×2.0 m
阅览室、书画室	0.75 m 水平面	2.0 m×2.0 m 4.0 m×4.0 m
单元起居室(厅)、餐厅	0.75 m 水平面	2.0 m×2.0 m
卫生间、浴室、盥洗室	0.75 m 水平面	0.5 m×0.5 m 1.0 m×1.0 m
棋牌室、健身用房	0.75 m 水平面	2.0 m×2.0 m

表 D.9　教育建筑照明测量

房间或场所	照度测点高度	最大照度测点间距
教室、实验室、美术教室	桌面 地面	2.0 m×2.0 m 4.0 m×4.0 m
多媒体教室	0.75 m 水平面	2.0 m×2.0 m 4.0 m×4.0 m
教室黑板	黑板面(垂直面)	0.5 m×0.5 m
走廊、楼梯	地面	中心线,间隔 2.0 m～4.0 m

表 D.10　美术馆建筑、科技馆建筑、博物馆建筑、会展馆建筑照明测量

房间或场所		照度测点高度	最大照度测点间距
中央大厅、展厅		地面	5.0 m×5.0 m 10.0 m×10.0 m
文物整理室		0.75 m 水平面	2.0 m×2.0 m
文物库房	通道	地面	中心线,间隔 2.0 m
	文物柜	柜(垂直)面	按上、中、下各取一点 间隔 2 m

表 D.11　交通建筑照明测量

房间或场所		照度测点高度	最大照度测点间距
中央大厅、售票大厅；行李认领大厅；到达、出发大厅；候车（机、船）大厅；站台、通道、连接区		地面	5.0 m×5.0 m 10.0 m×10.0 m
扶梯		踏板（水平面） 踢板（垂直面）	中心线，2.0 m 间隔
安全检查	通道	地面	2.0 m
	护照检查	工作面	0.5 m×0.5 m
问讯处、换票、行李托运		0.75 m 水平面 地面	2.0 m×2.0 m
售票台		台面	0.5 m×0.5 m

表 D.12　工业建筑照明测量

房间或场所		照度测点高度	最大照度测点间距
工业厂房	局部照明	工作面	按工艺要求确定
	一般照明	地面	2.0 m×2.0 m 5.0 m×5.0 m 10.0 m×10.0 m
通道、连接区、动力站、加油站		地面	
控制室、配电装置室	控制柜 仪表盘	柜面、盘面的立面	0.5 m×0.5 m 2.0 m×2.0 m
	一般照明	0.75 m 水平面	2.0 m×2.0 m 4.0 m×4.0 m
实验室、检验室、计量室、电话站、网络中心、计算站		0.75 m 水平面	2.0 m×2.0 m 4.0 m×4.0 m
仓库		1.00 m 水平面	5.0 m×5.0 m 10.0 m×10.0 m
热处理、铸造、机密铸造的制模脱壳、锻工		地面至 0.50 m 水平面	5.0 m×5.0 m 10.0 m×10.0 m

表 D.13　公用区照明测量

房间或场所	照度测点高度	最大照度测点间距
门厅、流动区域	地面	5.0 m×5.0 m 2.0 m×2.0 m
走廊、楼梯、自动扶梯	地面	中心线，间隔 2.0 m～4.0 m
休息室、洗漱室、卫生间、浴室	地面：0 m 台面：0.75 m 镜前：1.5 m（垂直）	1.0 m×1.0 m 2.0 m×2.0 m 4.0 m×4.0 m
电梯前厅、储藏室	地面	
车库、仓库	地面	2.0 m×2.0 m 4.0 m×4.0 m

表 D.14　室外作业区照明测量

房间或场所	照度测点高度	最大照度测点间距	显色指数和色温	照明电参数	反射比
一般工业加工区域 物品的存放区 车辆的停放	地面	5.0 m×5.0 m 10.0 m×10.0 m	每区域测量点不宜少于 3 个点	一般采用功能区域分别测量，最后计算统计总量	每种主要材料测量点不宜少于 3 个点
建筑工地 铁路室外作业区 电厂、水厂、污水处理厂室外作业区	地面和设计要求的工作面				
石化工业和其他危险工业	地面和设计要求的工作面				
港口、船坞和船闸室外作业区	地面、水面				
保安照明室外作业区	地面水平面 1.5 m 垂直面				
机场停机坪	地面水平面 2.5 m 垂直面				

注 1：照明功率密度的测量区域与照度测量区域相对应，计算按 6.7.7 进行。

注 2：平均照度、照度均匀度按 6.1.9 和 6.1.10 的规定计算。

注 3：对于有工艺要求的工作区按工艺设计要求选择测点间隔。

参 考 文 献

[1] CJJ 45—2015 城市道路照明设计标准

[2] CIE S 026:2018 CIE System for Metrology of Optical Radiation for ipRGC-Influenced Responses to Light

[3] CIE 140:2019 Road Lighting Calculations