

CMS-012-V01 户外和街道的高效照明 (第一版)

一、来源

本方法学参考 UNFCCC-EB 的小规模 CDM 项目方法学 AMS-III.L.: Demand-side activities for efficient outdoor and street lighting technologies (第 01 版), 可在以下网址查询:
<http://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/V53UISEM035E08WWY2S5M3IHUEJYT>
[U](#)

二、技术方法

1. 此类项目活动为在公共场所或者公共街道照明系统中采用高效的灯具或者照明装置替代低效的灯具或者照明装置以实现电能的高效利用。基准线及项目活动中使用的灯具或者照明装置指的是照明器具, 即用于街道照明设备组装的各个部件, 包括, 灯具, 透镜和反射罩, 灯箱, 线路, 驱动器或镇流器, 独立或集中控制单元或系统。项目活动中用于道路照明的各种照明器具都可以应用本方法学。

本方法学适用于利用项目活动的照明器具对于基准线的照明器具进行一对一的替换, 或者多种对多种的替换¹。本方法学也适用于通过照明控制元件减少照明系统的总运行小时或者平均功率的项目, 对于新建照明系统也同样适用。

应用本方法学时, 项目活动的照明器具如果在计入期内损坏, 应当利用同等设备或者更高效的设备, 按照当地的维修保养程序进行持续更换。

用于替代已有设备的照明器具必须是新设备, 不能来自于其他项目。

2. 本方法学所涉的控制元件包括提供基本的路灯控制的简易光电池或者日光自动开关。控制元件还包括更复杂的控制方案的高级系统, 比如基于车辆或者行人的感应, 夜晚的时长, 周边环境等情况, 动态调整路灯电量(变暗或者变频运行, 例如双级照明)的控制方案。实践中比如自适应照明²。

¹ 比如, 用新的路灯照明器具替代原有的照明器具的项目活动, 项目活动的照明器具的数据大于基准线照明器具, 但是总的能量消耗小于基准线。

² 在国际照明委员会的道路照明标准 115:2010 中列明了可以有效的识别一个地区的照明等级的适用的街道照明标准和交通流量和交通组成等变量的选用指南(CIE 115:2010, 6.2.2 节)。照明等级是根据交通和行人流量及其他方面的考虑, 依据路灯的使用地点不同而进行的分级体系。当道路交通不是静态的情况时, 道路的照明等级通常由最苛刻的情况决定。必须确保当前的照明水平是最合适的。

3. 本方法学适用的街道照明项目包括：（a）达到或优于基准线照明性能；
（b）达到或优于采用的街道照明标准。如果自适应优化控制系统被用来调节项目灯具的光输出，则必须证明照明设施的所有光输出设置达到或优于基准线照明性能或应用的街道照明标准。首选街道照明标准应是地方标准，在没有地方标准的情况下选用国家标准，在地方标准和国家标准都没有的情况下，选用 CIE 标准（详见附件 III）。
4. 按照本方法学，对于翻新类项目，项目活动中的照明器具的照明性能应当通过如下方式中的一种进行说明：
- （a） 达到基准线照明器具要求：项目参与方应当证明，在每一个代表位置，与基准线照明器具相比，项目活动中的照明器具能够提供相同或更高的总有效光照度³。通过：(i)测量和计算；或者(ii)根据 CIE 标准 140:2000，利用计算机模型计算基准线和项目活动在代表位置的平均照明能力⁴；
- （b） 符合采用的街道照明标准：
- （i）如果有国家的或者地方的对道路照明等级进行了规定的照明标准，那么应当应用此标准对项目活动在代表位置的照明能力进行评估。标准的计算区域定义为根据现场实测或者根据方法学附件 II 中的计算机模型计算得到的光照度。项目活动的照明器具必须满足或者超过标准中规定的光照度等级、均匀性和眩光标准；
- （ii）如果没有国家的或者地方的标准，项目参与方应当使用一个已经批准的国际标准，比如 CIE 的“机动车和人行交通道路照明”（CIE 115:2010），提供了一个选择适用的照明等级的结构模型，并推荐了维持照度水平。同时，项目参与方可以使用 CIE 的“发展中国家公路运输照明报告”（CIE 180:2007）中提供的光照度标准。这些标准中要求的光照度等级、均匀性和眩光标准都在本方法学附件 III 中提供。

基准线照明器具和项目活动照明器具的光照度比较评估，或者判断是否与一个采用的标准相符的评估都应当基于“明视觉响应曲线”，或者使用 CIE 开发的“中间视觉系统”，同时利用明视觉和暗视觉响应曲线进行测量（详见附件 IV）。

照明性能只需要确定一次。在计入期内，并不需要持续的监测和核查系统照明性能是否与基准线或者与采用的街道照明标准一致。

³ 见附件 II。

⁴ 本方法学参考的标准或者技术报告都应当是最新版本。

5. 对于新建项目，本方法学适用的前提是现有的基准线技术是该地区普遍采用的街道照明技术的类型和照明等级。如果它不是项目所在区域街道照明的常见技术，则一个效率较低的街道照明系统将有可能被安装，因此这种情况下本方法学不适用。
6. 对于新建项目的基准线，项目参与方必须要说明已经安装在相同区域的基准线照明器具的代表位置。相同区域的定义为：(a) 项目边界 200 公里之内；或者 (b) 具有相同行政区划的城市或城镇。项目参与方必须说明用于比较的区域的基准线照明器具的类型，功率和照明时间，并假定这就是本项目的基准线代表位置。在选择基准线技术时，项目参与方应当遵循“新建项目种类 II 和 III”中的“小规模 CDM 项目方法学一般性指南”。
7. 确定一个新建项目的基准线情景的步骤如下：
 - (a) 在项目边界内，选取有代表性的地点和构建计算区域确定所有街道照明和交叉路口照明等级。对于大型街道照明项目，很可能涉及不同面积、不同用途、不同照明等级的街道，项目范围内的每种街道和交叉路口的照明等级以及任何街道面积的重大变化都应当记录在案，并在项目设计文件中标记一致。代表位置应包括项目范围内的任何重大变化（城市、城乡结合部、农村）；
 - (b) 对于项目边界内的每个代表位置，选取一个有可比性的项目边界外的位置，但需在项目所在地区范围内，此地区是基准线技术应用的地区，并以项目范围外的位置作为基准线情景。此基准线情景不需要符合照明标准；
 - (c) 在项目边界内，从每个代表位置选取的基准线系统推算整个区域的情况时，项目参与方应查清可以替代项目活动的所有假想基准线照明系统，包括所有灯具的瓦数和照明时间，并在项目设计文件中记录清楚。
8. 一个单独的项目活动总节省电量每年不能超过 60GWh 当量。
9. 项目设计文件应包括或阐释以下内容：
 - (a) 项目灯具的设计说明书，例如⁵：
 - (i) 设备功率（单位为瓦）及光通量（单位为流明）；
 - (ii) 安装的控制系統类型（天文时钟、光电池、无线射频器等）；
 - (iii) 设备保修；

⁵ 若项目参与方日后选择了不同的设备或不同的设备、系统供应商，新设备的性能、寿命和保修规格应不低于原先表明设备。

- (b) 项目程序如何避免减排量重复计算，例如，来自项目灯具制造商、批发供应商、或其他可能的减排量声明；
- (c) 项目设计如何采用专业的照明设计方法，以确保项目使用的设备提供了充足的道路照明水平，该水平应满足实际情况或是达到了地方或国家标准的要求（如果该标准存在）；
- (d) 如何维护和更换道路照明系统，以确保任何坏了的设备都被相同的或更好的设备所取代，从而保证系统的照明及能耗特性。

三、 项目边界

10. 项目边界指项目安装的所有照明器具的物理和地理位置。

四、 计入期

11. 按照本方法学，自愿减排量计入期最大为 10 年。

五、 减排量

12. 事前计算根据如下步骤计算：

- (a) 估算基准线照明器具和项目活动照明器具的铭牌或额定功率或者时间加权平均功率，对于自适应路灯，需要在每天的，每周的，每季度的低需求期减少功率。如果参数的变化模式已经确定，如通过车辆的数量记录确定交通流量，那么可以利用这些记录和控制系统的设置来确定时间加权平均功率；
- (b) 照明器具的日运行小时数的默认值如下：
 - (i) 对于利用标准计时器控制的照明器具，使用计入期内计时器设置的小时数作为日均运行小时；或者
 - (ii) 对于利用光敏元件或者日光自动开关控制的照明器具，使用日出和日落之间的平均小时数；或者
 - (iii) 对于动作传感器控制的照明器具，如果没有利用文件证明有另外一个值，那么只能使用日出和日落之间的平均小时数除以 10 作为日均运行小时；或者

- (iv) 对于利用除光感控制或时钟控制之外的高级控制系统控制的照明器具，使用控制系统设置的运行小时数；或者
 - (v) 基准线照明器具和项目活动照明器具采用的不同照明时间方案和控制方案应使用不同的日运行小时数作为默认值。
- (c) 利用基准线照明器具平均功率乘以年度运行小时（日运行小时乘以 365 天或者其他期望运行天数）减去项目活动照明器具平均功率乘以年度运行小时计算总节省电量；
- (d) 利用总节省电量减去任何可能的泄露以及输配电损耗计算净节省电量(NES)。

13. 项目安装完成后，项目第 y 年的净节省电量按以下方法计算：

$$NES_y = \sum_{i=1}^n ES_{i,y} * \frac{1}{(1-TD_y)} \quad (1)$$

其中：

$$ES_{i,y} = (Q_{i,BL} * P_{i,BL} * O_{i,BL} * (1 - SOF_{i,BL})) - (Q_{i,P} * P_{i,P,y} * O_{i,y} * (1 - SOF_{i,y})) \quad (2)$$

$$SOF_{i,BL} = AFR_{i,BL} * OF_{i,BL} \quad (3)$$

$$SOF_{i,y} = AFR_{i,y} * OF_{i,y} \quad (4)$$

其中：

NES_y 第 y 年的净节省电量 (kWh)

$ES_{i,y}$ 项目设备中 i 型设备第 y 年节省电量的估算值 (kWh)

y 计入年

i 灯具类型

n 灯具数量

TD_y 灯具安装位置供电电网每年平均的电网技术损耗率（输电和配电），以百分数形式表示。此值不应包括非技术性损耗，例如商业损耗（偷电等）。计算每年平均的电网技术损耗率时，应当使用东道国最新的、可获得准确可靠的数据。该数据来源可以是国家公用事业单位或是官方机构公布的数据。所使用数据的可靠性（例如是否恰当、准确性、不确定性，特别是排除非技术性亏损）应有项目参与方确认并记录。如无公开可得数据或数据的准确性及可靠性难以确认，则 10% 可作为默认值用于计算每年平均的电网技术损耗率。

Q_i
($Q_{i,BL}$ 和 $Q_{i,P}$)

项目活动中分发或安装的基准线情景 (BL) 或项目中(P)的 i 类型灯具的数量 (单位为个)。一旦项目所有的灯具分发或安装完成, $Q_{i,P}$ 通常是一个与 y 无关的恒定值, 除非计入期内实际运行灯具数量减少 (在此情况下, 只有运行的灯具才用于计算减排量)。

注意 $Q_{i,BL}$ 和 $Q_{i,P}$ 可能代表不同数目的灯具 (例如, 数量较多的 LED 灯消耗的电量反而更低), 前提是它们对应的照明面积必须相同。

$P_{i,BL}$

第 i 组照明设备对应的基准灯具的额定功率 (单位为 kW), 如果设备工作在不同的功率设置情况下, 可采用时间加权平均功率, 此数值是与 y 无关的恒定值。

对于改造项目, 项目参与方应保存相关记录, 并向经国家主管部门备案的审定/核证机构提供材料以说明替换了那些类型的灯具。

$P_{i,P,y}$

项目使用的第 i 组照明设备的额定功率 (单位为 kW), 如果设备工作在不同的功率设置情况下, 可采用时间加权平均功率, 此数值通常是与 y 无关的恒定值, 除非计入期内照明时间或参数发生了变化。

计算时间加权平均功率时要考虑控制系统节省的电量, 例如照明时间内调光及双级操作所节省的电量。举例说明如下, 如果平均起来, 项目使用的设备在全年的照明时间内有一半时间全功率运行, 另外一半时间半功率运行, 则 $P_{i,P}$ 应由全值减小为全值的 75% (即 $(1 * 50\%) + (0.5 * 50\%)$)。

O_i
($O_{i,BL}$ 和 $O_{i,y}$)

第 y 年基准线灯具和项目灯具的年度运行小时数, 基准线灯具和项目灯具的年运行时间有可能不同。此数值是根据监测采样点每天的连续测量数据而得, 监测时间最少为 90 天 (采样的最低置信区间为 90%, 最大误差为 10%), 平均每日照明时间根据季节变化进行修正后再乘以 365 天即可得出此数值。根据 90 天的数据推导全年数据的方法应记录在案。

对于涉及以下控制方法的项目, 必须每年连续测量 365 天以确定全年的运行时间:

- (i) 动作传感器控制的灯具;
- (ii) 先进控制系统控制的灯具, 允许除光感应及时钟控制之外的其他调度选项存在。

根据下文中第 16 段的要求, 在事后监测阶段, 要对监测采样点进行重复测量。

在任何情况下, 如果平均每日照明时间大于每日日落到日出的全年平

均时间（24 小时进制），那么根据本方法学此数值都不能用于计算年运行时间

SOF_i i 类型设备的系统停运系数(SOF)。 SOF 是设备停运因子与设备全年故障率的乘积。 假设基准线情景的系统停运系数与项目监测所得数据相同，且每年可能有所不同

($SOF_{i,BL}$ 和 $SOF_{i,y}$)

OF_i 停运系数是 i 类型灯具从损坏到更换的平均时间（以小时为单位）除以 $O_{i,y}$ （每年运行时间）。这应该根据记录的维修实践和从设备损坏至更换完毕的时间记录进行确定。假设基准线情景的停运系数与项目监测所得数据相同，且每年可能有所不同。

($OF_{i,BL}$ 和 $OF_{i,y}$)

AFR_i 全年灯具故障率是灯具总量（ Q ）的分数。假设基准线情景的故障率与项目监测所得数据相同，且每年可能有所不同。监测期内灯具故障率应根据维修记录事后确定，此数值反应了项目范围内 i 类型灯具的实际年故障率。

($AFR_{i,BL}$ 和 $AFR_{i,y}$)

对于事前计算， i 类型项目灯具的损毁率等于灯具的年运行时间除以灯具的额定平均寿命。

14. 减排量为净节省电量(NES)和根据 AMS-I.D 的规定计算得到的排放因子(EF)的乘积。

$$ER_y = NES_y * EF_{CO2,ELEC,y} \quad (5)$$

其中:

$EF_{CO2,ELEC,y}$ 第 y 年根据 AMS-I.D 规定计算得到的排放因子(tCO_2/MWh)

ER_y 第 y 年的减排量(tCO_2e)

15. 项目活动所节省的电量应当从项目所有的设备安装完成之日起开始计算。

六、 监测

16. 事后监测和判断净节省电量:

- (a) 在项目活动所有照明器具安装之后的第一年，进行第一次事后监测，需要提供如下数据:

- (i) 停运系数 (OF_i);
 - (ii) 年度故障率 (AFR_i);
 - (iii) 年度平均运行小时 (O_i);
 - (iv) 项目平均设备功率 (P_i);
 - (v) 项目活动中投入运行的照明器具的数量 ($Q_{P,i}$)。因定期保养或维修而被替换的项目活动照明器具可以认为处于投运状态。因自愿减排项目监测而不能被替换的项目活动照明器具也可以认为处于投运状态。
- (b) 在计入期第一年之后的随后年份中，后续的事后监测需要至少每隔一年进行一次（比如第 3,5,7,9 年）以用于确定事后的停运系数 (OF_i)，年度故障率 (AFR_i)，年度平均运行小时 (O_i) 和项目平均设备功率 (P_i)。这些参数将用于事后减排量计算直到计入期结束。
- (c) 对于每一次事后监测，项目监测计划都应当要求至少在连续的 90 天持续监测设备运行时间以用来确定平均日运行小时，然后用以推断年度运行小时(O_i)。对于包含如下控制方案的项目，用于确定年度运行小时(O_i)和项目平均设备功率 (P_i)的监测活动需要每年持续 365 天：
- (i) 通过动作传感器控制照明器具;
 - (ii) 利用除光感控制或时钟控制之外的高级控制元件控制照明器具.
- (d) 在监测年度平均运行小时 (O_i)时，需要对开关时间，利用时间或者光强度进行记录。

17. 监测工作包括：①灯具分布数据；②第 16 段要求的事后监测内容：

- (a) 在项目活动实施过程中，要记录以下数据：
- (i) 项目活动中分布和安装的灯具数量，确定灯具的类型、运行计划、自适应控制策略（如有的话），记录安装日期；
 - (ii) 更换设备的数量、功率、运行计划；
 - (iii) 基准和项目照明控制信息，注明：
 - 是否使用太阳能电池及其类型；
 - 是否使用时钟及其类型；
 - 是否使用调光及多级操作及其类型；

- 传感器控制——交通量，光传感器等及其类型；
 - 带有中央调度、监控、或报告功能的网络控制系统。
- (b) 根据以上段落的要求，减排量首先采用事前计算，再依据监测结果进行事后调整。

七、 抽样指南

18. 应遵守如下抽样原则：

- (a) 抽样调查必须符合统计学要求，比如调查是随机进行的，并且在总体样本（大小，位置）中具有代表性；
- (b) 取样大小由最小 90%的置信区间和最大 10%的误差区间确定；可以参考“小规模 CDM 项目活动抽样调查一般性指南”；
- (c) 样本的抽样方式是随机抽样；
- (d) 在监测时，当确定样本的大小和分布时，总体样本由单独的或者批量的（比如当监测一个专用电路上一串连续的项目活动照明器具时，可以认为是批量器具）项目活动照明器具组成；
- (e) 如果项目边界内安装了多种照明时间或者控制系统，那么每一种系统下的照明器具都代表了一个总体样本，需要单独的对每种总体样本来进行抽样。
- (f) 项目设计文件和监测计划必须包含调查的设计明细。

附件 1

定义

年故障率: 系统内给定类型设备每年出故障的分数或百分比。

照明等级（道路和交叉路口）: 根据交通和行人流量及其他方面的考虑，依据路灯的使用地点不同而进行的分级体系。根据本方法学选取代表位置时，照明等级是选取的主要依据。应用 CIE 115:2010 标准也需要使用照明等级来确定适用的照明标准。

停运系数: 从损坏到更换的平均时间（以小时为单位）除以每年运行时间。这应该根据记录的维修实践和从设备损坏至更换完毕的时间记录进行确定。

代表位置: 代表位置定义为项目边界内，在项目设计过程中根据每条道路或每个交叉路口的照明等级（见附件 III）选取的取样点，如果在相同照明等级条件下，灯杆间距、安装高度、街道面积等重要因素不同，则要选取多个取样点。平均照度计算范围应根据附件 II 中的标准考虑每个代表位置进行布局。代表位置只用于对比基准线情景及监测照明性能，而不是为了进行功率及运行时间的事后监测。

系统停运系数: 此处定义为设备停运因子与设备全年故障率的乘积，用于计算系统内由于设备故障导致的基准线情景及项目照明系统全年节省的电量。

总有效照度: 基准线情景及项目的街道照明设备在目标任务平面（即路面）所维持的平均照度。所维持的照度应考虑光通量随着时间推移而产生的折旧，并被定义为当一个产品到达其保养周期的终点时所提供的照度。根据所使用的照明技术，在建模或测量计算照度值时应选用适当的折旧因子。

规范、标准和测试方法。 本方法学涉及的相关报告、程序和规范包括：

- (a) 抽样和调查小规模 CDM 项目活动一般准则；
- (b) “II 类及 III 类新建项目（新设备）”规定的小规模 CDM 方法学一般准则；
- (c) CMS-002-V01“联网的可再生能源发电”；
- (d) CIE 140:2000. 国际照明委员会技术报告：道路光照计算. ISBN 3 901 906 54 1

该报告提供了计算照明设施的亮度、照度和失能眩光的指导意见和测量方法，亮度和照度电网所采用的惯例也包括在内。此报告是附件 II 的基础；

- (e) CIE 115:2010. 第二版. 国际照明委员会技术报告：汽车和行人交通道路的照明. ISBN 978 3 901906 86 2

考虑到与给定的视觉任务相关的不同参数，该报告提出了一个基于亮度或照度概念的选取适当照明等级的结构化的模型。该报告对采用时间相关变量（例如，交通量或天气情况对应的亮度及照度要求）的自适应控制系统的应用进行了描述。该报告还提供了街道类建议的照明等级和照明质量要求；

- (f) CIE 180:2007. 国际照明委员会技术报告. *发展中国家公路运输照明*. ISBN 978 3 901 906 61 9

该报告是阐明较好的照明和可视效果可以减少夜间道路交通事故死亡和受伤的人数，该报告的目的是应对道路交通安全工作，而不是为灯光师提供建议。涉及固定道路照明的相关章节针对的是简单安装灯具的基本设计和需要考虑的其他不同因素；

- (g) CIE 191:2010. 国际照明委员会技术报告: *基于视觉效果的中间视觉光度学推荐系统*. ISBN 978 3 901906 88 6

该报告涉及中间视觉光度学中以视觉任务特性为基础的方法，主要目的是建立适当的中间视觉光谱灵敏度功能，作为系统的中间视觉光度学基础。该报告回顾了夜间驾驶会遇到的最重要的典型视觉任务和视觉条件的范围。该报告总结了推荐系统的选取理由，并提供应用的一般性指导。

中间视觉光度学系统是非常复杂的，不能在本方法学中再现。对于本方法学而言，相比于基准线照明技术或适用的路灯照明标准（见附件 IV）要求的照度，根据 CIE 191:2010 的描述利用中间视觉光度学系统建立等效的或更高的照明性能就能满足要求；

- (h) IESNA RP-8-00 (2005). 北美照明工程学会 (IESNA) *道路照明*. 美国国家标准道路照明实践. IESNA 道路照明委员会标准实践小组. ISBN 0 87995 160 5

该标准是北美机动车道、自行车道、人行道固定照明装置设计的基础；

- (i) IESNA LM-50-99. 北美照明工程学会 (IESNA) *道路照明装置的光度测量指南*；

- (j) Gordon McKinlay. 照亮世界报告 *照亮发展中世界*. 2006 年 12 月；

- (k) Stevens, Cook, Shackelford, and Pang. *路灯网络控制市场评估报告*. 应用评估报告 #0914. PG&E 新兴技术项目. 2010 年 1 月. 第 55 页 (见附件 IV)。

附件 2

测量和计算平均光照度的方法

利用测量单位受光表面的光通量或光照度的方法评估道路的光照度，这是本方法学中一个简单基本的比较方式，也是较为通用的可接受的方式⁶。对于基准线照明器具和项目活动照明器具，总有效光照度是指照明器具对目标表面（比如路面）平均的维持照度。维持照度需要考虑到光通量随时间而产生的光衰，不同的光源的维持照度是不同的。维持照度可以在一个产品的维护周期结束时确定。基于使用的光源的不同，在计算或测量光照度数值时，需要采用适当的衰减系数。

由于不同的地区的道路的用途，规格和照明系统不同，利用一个完整的路灯照明系统为模型来计算或测量照明性能是不实际的。利用项目边界内的代表位置来证明照明能力满足本方法学的要求。代表位置是指在项目设计阶段，在项目边界内从每一个道路和交叉路口照明等级中抽样选择的位置（定义参见附件 III），如果同一个照明等级中的路灯距离和高度或者街道的规模有很大不同，需要在此等级中选择多个位置。代表位置仅用于和基准线的比较，测量照明能力，并不是事后监测项目设备的功率和运行小时的抽样方案。照明性能需要在项目活动开始前由设计人员确定。

量化光照度可以采用光照度计算机模型或者现场实测。需要根据相关标准测量和计算基准线照明器具和项目活动照明器具的代表位置的平均光照度，比如附件 II 中列出的 CIE 140:2000。CIE 140:2000 提供了基本的确定计算区域的方式，用于测量的位置点或模拟点，在计算区域内计算平均光照度，均匀度和眩光度的方法。

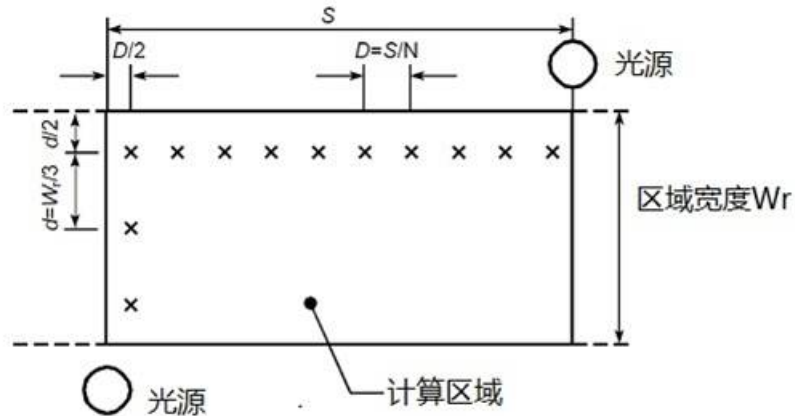
光照度对比应当根据项目活动涉及的计算区域内的每一个代表位置，基于第三段中提及的道路和交叉利口照明等级、安装高度、灯具间距和道路规格进行。

光照度评估需要根据如下指南所设定的基于 CIE 140:2000 的测量和建模方式进行。CIE 140:2000 提供了一个详细的指南用于利用测量或者模拟点的方式，在特定区域布置计算区域。

- (a) 计算区域应选择道路或者交叉路口的司机或行人感兴趣的代表性区域，应包括人行道，自行车道和路肩。如下图所示，根据 CIE 140:2000，这个区域应当是道路的边缘和两组连续的照明器具之间的区域；

⁶光照度，即勒克司度（lux），是表示被摄主体表面单位面积上受到的光通量。它是在评估路灯照明性能时常用的一个单位。如附件 III 所示，光照度可以在计算区域中测量和计算。它也是适用于路灯照明标准，基准线比较和技术性能测量的度量标准。

CIE 140:2000 光照度计算区域图例



× 纵向和横向计算点

- (b) 对于交错安装的情况，连续的照明器具应位于道路的对边；
- (c) 在计算区域内，计算点需要均匀分布（如上图），计算点的数量按如下方式确定：
- (d) 在纵轴方向，纵轴的间隔按如下公式计算：

$$D = S / N \tag{1}$$

其中：

D 纵轴上的点间距 (m)

S 照明器具的间距 (m)

N 纵轴上的计算点数量，按如下方式确定：

- $S \leq 30 \text{ m}$, $N = 10$;
- $S > 30 \text{ m}$, $N =$ 按 $D \leq 3 \text{ m}$ 取最小的整数。

靠近第一组照明器具的第一排计算点的间距按照 $D/2$ 计算。

- (e) 在横轴方向：

$$d = W_r / 3 \tag{2}$$

其中：

d 横轴上的点间距 (m)

W_r 道路或交叉路口的宽度 (m)

相关区域边缘的点间距在纵轴上为 $D/2$ ，在横轴上为 $d/2$ 。

- (f) 用于计算的照明器具的数量：
 - (i) 离计算点的距离为照明器具安装高度的五倍，此范围内的照明灯具用于上述计算。

附件 3

无国家或地方标准时的道路照明要求

如果没有国家或地方街道照明标准，则应参照下面的表格给出的道路和交叉路口的光照度，亮度，眩光和均匀性标准。这里的照明标准参照了 CIE 115:2010“机动车和人行交通道路照明”和 CIE 180:2007“发展中国家公路运输照明报告”。关于相应的标准，定义和细则的信息请参见具体标准。

基于交通量和人流量等事项的道路和交叉路口照明等级是一个用于区分不同地区需要的街道照明要求的重要指标。方法学在项目边界内使用代表位置来显示街道照明的特征，而照明等级就是一个主要的区分方式。CIE 115:2010 要求使用照明等级来确定适用的照明标准。

道路照明等级 (参照 CIE 115:2010 表 1)

参数	选项	数值	选中的数值
交通速度	很高	1	
	高	0.5	
	适中	0	
交通流量	很高	1	
	高	0.5	
	适中	0	
	低	-0.5	
	很低	-1	
交通组成	与非机动车高度混合	2	
	混合	1	
	仅机动车	0	
车道分离	是	1	
	否	0	
交叉路口密度	高	1	
	适中	0	
停放的车辆	有	0.5	
	没有	0	
周边亮度	高	1	
	适中	0	
	低	-1	
视觉制导 / 交通控制	差	0.5	

	适中/好	0	
总计			
道路照明等级 M (6 - 总计):			

道路亮度要求 (参照 CIE 115:2010 表 2)

照明等级	路面状况				增加量	环境比率
	干		湿			
	照度 (cd/m ²)	U ₀	U ₁	U ₀	%	R _s
M1	2.0	0.4	0.7	0.15	10	0.5
M2	1.5	0.4	0.7	0.15	10	0.5
M3	1.0	0.4	0.6	0.15	15	0.5
M4	0.75	0.4	0.6	0.15	15	0.5
M5	0.5	0.35	0.4	0.15	15	0.5
M6	0.3	0.35	0.4	0.15	20	0.5

CIE 115:2010 仅列出了道路照明等级的亮度要求。

利用单位受光表面反射光密度来测量亮度是在路灯照明标准中常用的方法，单位为烛光。

当表面的反射能力已知时，可以利用平均亮度系数和 q_0 来确定给定亮度数值的光照度数值。 Q_0 与光照度和亮度的关系为：亮度=光照度* q_0 。

根据 CIE115:2010，对于典型路面， q_0 默认值为 0.07。这种路面指的是典型的柏油路，混合了最少 60%的砾石，长于 10mm，带有折射和反射的混合反射模型。在原料混合式，如果柏油路面掺有 10~15%的人造光亮剂也可以适用 0.07 的数值。

三种常见的道路表面等级所要求的平均光照度可以大致估算如下：

道路要求的光照度 (参照 CIE 115:2010 表 4)

光照等级	平均光照度 (lx); $q_0 = .05$	平均光照度 (lx); $q_0 = .07$	平均光照度 (lx); $q_0 = .09$
M1	50	30	20
M2	30	20	15

M3	20	15	10
M4	15	10	7.5
M5	10	7.5	7.5
M6	7.5	7.5	7.5

混合区和交叉路口的 (参照 CIE 115:2010 表 3)

参数	选型	数值	选中的数值
交通速度	很高	3	
	高	2	
	适中	1	
	低	0	
交通流量	很高	1	
	高	0.5	
	适中	0	
	低	-0.5	
	很低	-1	
交通组成	与非机动高度混合	2	
	混合	1	
	仅机动车	0	
车道分离	是	1	
	否	0	
周边亮度	高	1	
	适中	0	
	与非机动高度混合	-1	
视觉制导 / 交通控制	差	0.5	
	适中/好	0	
合计			

混合照明度等级 C (6 – 合计):

混合区的要求 (参照 CIE 115:2010 表 5)

光照等级	平均光照度	均匀性	增加量 %	
	lx	U_0	高速	低速
C0	50	0.4	10	15
C1	30	0.4	10	15
C2	20	0.4	10	15
C3	15	0.4	15	20
C4	10	0.4	15	20
C5	7.5	0.4	15	25

考虑到发展中国家的交通工具的类型，根据 CIE 180:2007 给出数值如下表所示。对于表格第一行和第二行涉及的主要由行人和非机动车通过的道路，只给出了光照度数值。对于交通网络，给出了光照度和亮度数值。

建议的发展中国家光照标准(参照 CIE 180:2007)

种类	平均光照水平	均匀度 (U_0)	均匀度 (U_1)	增加量%
有行人和很多非机动车的居民区道路	1 – 2 lx	0.2	n/a	n/a
以住宅为主，部分机动车	4 – 5 lx	0.2	n/a	n/a
通道，支路和次干路为主	0.5 cd/m ² 8 lx	0.4	0.5	n/a
主要乡镇和城市道路	1.0 cd/m ² 15 lx	0.4	0.6	20

高速路和双程分隔车道	1.5 cd/m ² 25lx	0.4	0.7	15
------------	-------------------------------	-----	-----	----

附件 4

中间视觉光度学照明效果评估指导意见

“明视觉响应曲线是一个函数，根据人眼对超过 3cd/m^2 （例如日光条件下）亮度响应的适应水平，衡量电磁频谱波长的视觉效果，这主要由眼睛的锥光感受器决定。商业光度测定通常基于此函数测量光线水平。然而，在最低的光照条件下（亮度低于 0.001cd/m^2 ），当视杆细胞是活性感受器，人类对光线的感知遵循暗视觉响应功能。在介于白天与黑夜之间的中等强度光线水平（环境光亮度介于 0.001 至 3cd/m^2 ），典型的夜间道路照明水平，视杆细胞和视锥细胞都提供了光谱灵敏度响应，当光线强度增加，视杆细胞的作用减少同时视锥细胞的作用增加。在这种中等强度水平，明视觉响应曲线和暗视觉响应曲线都很重要，这就是中间视觉响应范围。”

Stevens, Cook, Shackelford, and Pang. *路灯网络控制市场评估报告*. 应用评估报告 #0914. PG&E 新兴技术项目. 2010 年 1 月. 第 55 页。

在低光线亮度这种典型的夜间道路照明水平条件下，中间视觉光度学很好的刻画了人类视觉系统特性。广谱光源激发了人眼的多种光感受器（视杆细胞和视锥细胞），并且在中间视觉响应范围通常比窄谱光源（例如钠蒸气灯）更能提高视觉效果。中间视觉光度学能很好的量化广谱光源（例如 LED 灯和感应灯，根据本方法学可作为项目灯具）的优点。

如果应用中间视觉光度学进行照明性能评价，项目参与方应基于明视觉和暗视觉的亮度水平（现场监测或计算机建模）或采用明视觉亮度和光源的明视与暗视亮度输出比例，根据 CIE 191:2010 中的方法计算中间视觉亮度（并评价中间视觉水平的照度）。中间视觉模型涉及很多计算步骤，这些应记录在项目设计文件中。