

CIE115-2010

机动及人行交通道路照明

巨擘科技智慧灯杆
www.gttrung.com
15396275802



扫码加好友，获取更多智慧灯杆免费资料：
包括行业标准、研究报告、产业政策、解决方案等

1.1 简介

本报告为CIE115-1995机动及人行交通道路照明建议的修订版，由于原版颁布于1995年，而现在能源消费和环境因素越来越重要，同时灯具和光源性能的改善，特别是电子镇流器的使用，使得机动车道、冲突区域和人行区域的照明调整成为可能。基于亮度或照度概念，考虑指定视觉目标相关的不同因素，建立了确定适当照明等级的结构模型。比如引入时间相关的变量如交通量大小和天气状况，该模型提供了使用调光系统的可能性。可见度水平概念和小目标可见度的运算不在此考虑，因为它们们在CIE TC4-36“道路照明可见度设计”中计算。

与大多数CIE近来的实践相一致，本报告是基于照明水平和照明质量的维护值，这意味着在照明装置寿命期内，照明性能不能低于给定最小极限值。

1.2 道路照明需求

决定一条道路是否必须照明由国家道路照明政策定义，不同国家或省州市可能不同。一般每个国家都有国家层面的特别指南。规划和安装路灯时需要考虑的因素如下：

a) 当交通情况的服务水平和道路标准正常，道路照明的需求一般基于交通量和交通速度来衡量。

b) 可能评估通过道路照明的益处来节省道路使用成本，最重要的节省是减少交通事故率和降低交通事故的严重程度。根据CIE93-1992出版物，“道路照明应对交通事故”，道路照明可平均降低夜间事故率30%。计算应基于减少夜间事故率的国家统计数据。附录A，例7例8。

c) 实践证明基于交通量计算道路照明的好处的基础是各级道路的平均人身伤害和事故率。在高速公路和其他公路，旅行时间的节省也可考虑在内。

d) 安装运输经济学，道路照明的收益率通过比较道路交通总费用的年节省和照明系统的年成本及每年与照明灯杆碰撞的成本来分析。交通量大小应保证从照明设备安装之初到预期寿命一半的时段内可通过前述分析即可收益。计算方法可参见附录A。

e) 交通量低于可证明减少事故而取得收益的道路，需评估是否存在不同类的交通环境，不清晰的道路走向，交叉点距离短，超过普通的交叉路口和公交站数量，缺少专用人行道路，等等。

f) 在某些道路，特别是城区道路和居住区道路，伤害和致命事故不适应，照明的好处不能仅从减少潜在伤害事故率来评估。在这样的道路，提供照明是由于社会原因：提高整体形象，帮行人安全通过和提供人身安全感。(see clause 9)

一个综合方案的出发点必须考虑条款7, 8, 9所述方法，亦即，模型并不能涵盖所有不同的道路，而只是介绍了常规参数及对照明要求的影响。只有真实情况



和其独特特征（道路几何状况，标志，视觉环境，目标识别的难度，可见度的缺失，现存因素引起的眩光风险，当地气候，特别的使用者如高比例的老年人或视力弱人群，等等）才能决定最终的照明要求。

对陈旧和不经济的照明进行更新和改造很重要，使用新的设计和新技术可以用更少的能源消耗得到更高的亮度水平。照明和控制系统的升级往往会有好的性价比和更短的回收期。

道路使用者在夜间特定低交通量时段或不同气候条件下的视觉需求，降低能耗和潜在的环境改善因素是正确考虑调光道路照明的重要因素。现有大量合适的仪器、设备和方法可用于道路照明的智能控制，从特别简单的控制到非常复杂的系统应用均可实现。

2.1 路面平均亮度 [L_{av}]

平均亮度是各类道路在照明设备寿命期内的最小维持值，取决于灯具的配光分布和光源的光通量、安装条件、路面反射特性。只要环境和经济考量正确，可以接受更高的亮度水平。

路面平均亮度的计算参照CIE140-2000条款进行。

计算值必须考虑灯具和光源的维护系数。

灯具维护系数与清洁的时间间隔、大气污染、灯具光源腔的密封质量和材料老化有关。可通过现场测量确定。

光源光通量维护系数取决于光源种类和功率，数值一般可由光源制造商处获得。

2.2 路面亮度总均匀度 [U_0]

U_0 是路面最小亮度与平均亮度的比值，要根据CIE140-2000的方法计算。该指标对控制路面最小可见度很重要。

2.3 路面纵向均匀度 [U_1]

U_1 是平行于道路走向的一条或几条线上（车道中心线）的最小亮度与最大亮度的比值，要根据CIE140-2000的方法计算。该指标主要与舒适度有关，目的是防止路上明暗交错的斑马纹过于明显，仅适用于连续的长道路。

2.4 阈值增量TI [f_{TI}]

失能眩光是因为眼球内光线的散射造成的，降低了眼膜图像的对比度。此效应可解释为在视野场景前叠加了一个均匀的光幕，量化为等效光幕亮度，其大小取决于灯具在驾驶员眼睛形成的照度高低及入射角。失能眩光程度随等效光幕亮度增加而上升，随路面亮度增加而下降。

TI是衡量由于道路照明灯具的失能眩光引起的可见度降低的一个指标，其计算公式是基于要达到没有眩光的同样的可见度（也就是说，观察者不受灯具本身



眩光的影响)，在有失能眩光的情况下需要增加的亮度百分比。数学公式参照CIE140-2000，计算的是清洁灯具配新光源的初始光通量的情况。

2.5 环境系数SR [Rs]

道路照明的主要目的是形成一个明亮的路面从而使以其为背景的目标可以被观察到，但路上高的目标的上部和路边的目标，特别是弯道处，其背景则不是路面而是道路路边环境，因此，路侧环境的充分照明可以帮助驾驶员感知更多环境状况从而及时调整速度。

环境系数的作用是保证环境有充分的光线入射以便显现环境目标。如果环境已有照明，则环境系数不需考虑。

CIE 140-2000详细定义了环境系数。

2.6 不舒适眩光

目前尚没有完全满意的方法来定量交通线路上驾驶员的不舒适眩光，以前应用的眩光控制标志G（CIE31-1976）并不规则。现场证据表明阈值增量在表2和5规范内的设计安装的不舒适眩光大体就是可接受的。

明亮的环境，比如照亮的建筑，可以减轻不舒适眩光，但建筑照明是不定的而且可能在晚上熄灯，所以在设计道路照明时考虑建筑照明并不具备可操作性。

3 道路照明的目的

道路照明有三大主要目的：

- 1) 让所有道路使用者，包括机动车辆、摩托车、自行车和动物运输车的操作者能安全运作；
- 2) 让行人能看到危险，自我定向，识别其他行人，给他们以安全感；
- 3) 改进白天和夜晚的环境景观。

在道路和其他公共路线的照明中，需要衡量这些因素的相对重要性，特别是前二者，因为机动车驾驶员和行人的需求是不同的。最后一个目的，主要是城市形象方面，对所有道路使用者和居民都很重要，无论是白天还是夜晚。

4.1 机动车道照明

道路交通量随着科技进步和依赖交通的社会生活场所的扩大而不断增长，虽然大多数交通行为发生在白天，但夜间交通仍不可忽视，在一些国家，夜间交通比例占25%，而夜间重大交通事故比例却是白天的三倍，主要就是由于这一时段可见度的降低。（CIE180:2007）。虽然车前灯可以提供一定的视觉指示，但随着车速、车辆数量或夜间视野的复杂程度的增长，车灯的作用越来越变得无效。不仅如此，它们还是迎面交通的很大眩光，特别是在没有照明的道路。这个问题在近距离会车的双向交通道路更加恶化，好的道路照明可以缓解车灯的眩光，改善舒适度，使驾驶员有能力看清细节，有充分时间作出相应的反应。



本报告提供了好的道路照明的标准和相应规范值,建议值是基于夜间视觉要求的各种因素的研究和实验,包括视觉系统的生理学,与驾驶相关的人性因素(心理学),和实际照明安装条件下的统计评估。充分证据表明好的道路照明可以提升安全(CIE 93-1992)。

4.2 机动车交通安全中道路照明的作用

道路照明的目的是提供视觉提示,发现障碍物,从而使安全驾驶成为可能。虽然车灯和其他交通安全设施(路面标志,指路牌,信号,等等)可以帮助驾驶员得到引导,仍有必要发现突然出现在路上的外来目标。车辆的安全刹车距离可能超过车灯所能提供的充分发现目标的距离,这取决于识别、反应和刹车时间,以及车速和干燥或湿滑路面情况等因素。好的道路照明可以在这一距离提供视觉识别,从而有充分时间采取措施,避免紧急的突然措施。

通常在头顶以上高度安装的固定道路照明提供给路面和周围环境以更接近于白天条件的视野,这个因素对高视觉复杂程度的区域非常重要,如一些不同道路使用者同时出现的地方(机动车驾驶员,自行车,行人和缓慢行驶的农用机械设备),在一些急转弯道路处也很重要。

许多关于入夜后的事故率研究证实,给没有照明的事故多发地提供良好的道路照明可以降低20~30%的交通事故发生率,但事故率变化随道路照明水平的变化的精确预测模型尚未建立,仍是一个研究目标。

5 驾驶员的视觉条件

5.1 概要

驾驶员的视野包括车道,每侧的环境,地形和天空。任何需要察觉的物体,必须在视野相关区域(即时的背景)清晰的显现。

5.2 市内条件

行人是这一场景内的重要部分,在大多数交通线路上都会存在,并出现在各种不同的背景中,比如道路,周边建筑或开放空间,这些背景可能被照明也可能无法提供照明。在被照明背景,行人一般因负亮度对比而被发现(轮廓),尽管部分特征可能会显现。同样,行人在暗的背景下也可能因正亮度对比而被看到。在市内道路,环境亮度也许可与路面亮度相比,从而减少不舒适眩光的影响,这些区域的道路照明灯具的眩光控制要求就相对可以低一些。

5.3 乡村条件

乡村区域通常没有被照明背景,有助于减少不舒适眩光;但这种条件下的道路照明灯具要求非常严格地控制在可直视角度的出射光强。在这种道路驾驶一般更困难,因为会碰上各种各样的问题,交通更复杂,包括行人,各种速度行驶的非机动车,和其他非机动的设备。



5.4 天气条件

机动车的照明要求在干燥条件下大多能够完全满足，但有时候需要考虑潮湿路面情况。在湿路面条件下，路面亮度均匀度更差。很差的均匀度会导致对眩光的感受增加，因为湿路面区域更像是镜面反射而不是漫反射，会成为发光面而产生眩光。路面明亮部分变小而亮度提高，相反暗区面积变大而亮度降低，结果是在潮湿道路平均亮度多会上升但亮度均匀度严重下降，大部分路面的可见度受负面影响。

这种平均亮度的上升不能作为调光的依据。

在某些地方如果路面潮湿的时间相当长，则需要考虑额外的照明要求以改善这些影响，这些地区需要选择能最小化这种有害影响的配光分布(CIE 47-1979给出了潮湿条件下的 U_0 计算细节)，此外，只要有可能，考虑选择合适的路面材料也会有帮助。

当路面被积雪覆盖时，路面亮度会高于设计水平，可能高达要求亮度的4~5倍，取决于积雪情况和设计时干燥条件下计算用的路面平均亮度系数 q_0 。这时可能进行调光，但不能关灯。同比例降低每个光源的功耗和光输出不会影响亮度均匀度和目标对比度，但个别关灯则不能满足所选择的照明等级（附录B，更进一步解释）

不同浓度的雾会模糊视野到一定程度。在车速普遍高的高速公路，雾，特别是补丁式的雾团会使危险增加。好的照明能提供即时的环境信息和道路走向的视觉引导（5.7），特别是在薄雾时。但也可能鼓励驾驶员开得比没有照明时更快。

5.5 道路使用者年龄

视功能随年龄增长而下降，主要由三个因素引起：

首先，眼睛的透光率随年龄增大而下降，比如70岁的仅为25岁的28%。

其次，眼球的光散射随年龄增长而上升，因此降低了目标的对比度。比如，70岁人的光散射比25岁多2.2倍，表现为等效光幕亮度大2.2倍。这两个因素导致老年人要看到物体要求有更高的对比度阈值。因此，70岁的观察者比25岁的观察者在视觉阈值处要求高3倍的对比度。

第三，视网膜上接收器的密度随年龄而下降，这就导致眼睛的分辨细节的能力即使经过光学矫正也会降低，70岁观察者的视力精度仅为25岁的66% (Le Grand, 1957)。年纪大的人更容易感受眩光，这个问题仍需更多研究，不过附录C已经提供了一些信息。

注意：在老年比例较高的区域，如老人之家或一些医院附近，可考虑比正常选择照明等级更高的照明水平，和/或使用显色性好的光源。



5.6 驾驶员的任务和视觉要求

有三个层面的驾驶任务(CIE 100-1992)：

- 1) 定位层面——巡航或根据需要调整速度，保持在车道内
- 2) 情景层面——由于地形、操作和环境情况等的改变，而引起的速度、行进方向和在道路上的位置改变
- 3) 导航层面——选择并遵循一段行程从起点到终点的路线一般驾驶中，三个层面的任务同时进行；但驾驶复杂程度上升时一般会忽视更高层面的任务（层面3>层面2）而专注于低层面任务。

以上每个层面的任务要求特定的视觉信息以便正确操作。

定位层面要求的视觉信息包括车道线（反射型或有源标识型）、边缘线和路沿石。这些都必须有充分的时间提前看见以保持安全的车速和行驶位置，这种视觉导向由充分的路面亮度水平和亮度均匀度提供。某些仅需要视觉引导的地方可用能提供常规或充分照明水平的装置降功率运行来满足。视觉引导的重要性随交通量的降低而上升。

情景层面要求的视觉信息包括周围车辆的相对位置、速度和速度变化，路上的其他物体，道路标识和其他视觉引导，从而策略性采取的跟随、超车或停车等措施能安全实施。这个层面的重要性随交通量增大而上升。安全操纵的能力要求目标能及时被看到以便驾驶员能充裕的反应。

目标的可见度与路面亮度水平和亮度分布有关，路面亮度水平决定眼睛的适应程度，总体而言，由背景亮度引起的眼睛适应程度越高，眼睛的越敏感因而视觉表现越好。路面是最重要的背景，其亮度而不是照度决定眼睛的适应程度。因此，路面亮度是很重要的照明质量指标。但在某些特定条件下，垂直或平行于道路轴线的垂直照度是亮度值的有用贡献。路面亮度的均匀度对观察处在该背景下目标和小物体也很重要。

作为行程前计划外的补充，导航层面要求的视觉信息有地标、环境、路口、指引标识和其他形式的信息源。导航层面要求路面走向清晰，特别是十字路口，分叉路和立交桥；道路标识如箭头和指引信息及其他符号必须在正确导航移动前能看到。路面亮度和亮度均匀度必须足够高才能帮助此视觉进程。

好的视觉条件必须胜过整个道路场景，以使多种层面的任务都能安全执行，轻松的感知可以得到更舒适的驾驶，不容易疲劳，提高处理突发交通、地形和环境事件的能力。

当一个平面或立体目标在路面背景下被发现时，目标和背景的亮度对比度会受灯具所处位置和配光分布的影响，负对比可能会出现，为减小这类影响，可用



Adrian描述的可见度模型来评估(Adrian, 1989)。目前, 还不可能推荐一个特定的模型, 这些因素仍由CIETC4-36的“道路照明可见度设计”在评估当中。

5.7 视觉诱导

灯具的直射光可以帮助驾驶员描述前面的路, 这种作用在绕行道路和复杂交叉路口特别明显, 可以是照明系统的最重要贡献

6.1 道路照明质量指标

选择机动车道路照明的质量指标的方法通常是基于亮度概念, 一些国家仍使用照度, 但经验已经表明这不是一个令人满意的指标。在应用亮度概念时, 目的是提供一个明亮的路面, 在此背景下, 目标轮廓可见, 因此使用路面亮度水平、亮度均匀度和眩光作为质量指标。然而, 许多路上的目标反射率高, 所以并不是作为一个轮廓被看见, 而是由于直接的反射光而可见; 此外, 在拥挤的条件条件下, 视野的大部分路面被机动车挡住从而不能成为发现目标的背景。然而, 提供好的路面亮度和均匀度, 同时充分的眩光控制的评价方法已经被国家和国际标准所接受。数十年来使用这些指标的经验表明他们提供了一个令人满意的道路照明设计基础。虽然计算这些指标的已知数当初是来源于一个实验结果, 经过这些年的使用调整, 本报告推荐的方法仍代表了很好的现状实践。但是, 在特别的情况如本报告中的“冲突区”, 照明计算仍基于照度概念, 见条款8. 行人和低速区域的照明设计也是基于照度要求, 见条款9。

6.2.1 标准照明等级

标准照明等级是道路基于表2, 5或7选择的在全夜晚均使用同样照明水平所需的适当照明等级。在选择标准照明等级时, 所选参数需考虑任何运行时段可能出现的最大值, 比如交通量考虑高峰值, 照明布置必须设计为满足所选等级的所有定量和定性的要求。为简化选择, 只有最重要的参数汇总在表1(普通机动交通)、表3(冲突区域)和表6(行人和低速区域)。参数的描述和相关选择很广, 可以解释为能适合国家标准的个别要求。某些时候, 风险分析或其他考虑(如环境影响)会导致需要考虑其他参数。当做选择时, 必须考虑所有道路使用者, 包括机动车, 摩托车, 自行车和行人。

6.2.2 调光照明

选择标准道路照明等级时考虑的参数可能有临时的变化, 照明等级变化从而相应的平均亮度或照度可以调整, 通常是降低水平。最重要的参数一般是交通量和交通复杂程度和天气条件, 但环境亮度也有影响。

调光的照明等级必须是做标准照明等级选择时的同一张表格里某级道路的平均亮度或照度水平。重要的是平均照明水平的改变不能影响其他质量指标超出M, C或P照明等级所给定的限值。使用调光技术同比例降低每个光源的光输出不影



响亮度或照度均匀度，或目标对比度，但阈值对比度上升，关掉部分灯具来降低照明水平的方法不能全面满足质量要求，不推荐使用。

调光照明的应用相比整晚标准照明等级运行可显著节省能耗，也可在照明灯具清洁和新光源时降低光输出至维持水平来减少能耗。

在参数变量变化模式广为人知的地方，如从线路交通量变化记录或合理假设其变化，如居住区域道路，简单的基于时间的控制系统就很合适。在其他条件下，偏向于交互式的实时控制系统，这种方法允许在道路高峰、严重事故、恶劣天气或可见度差的时候实施标准道路照明等级，结合环境变量，在交通量车次/小时/车道低于一定数量n时，允许机动车道的照明等级可低于M6，这样水平的照明仅提供视觉引导（5.6定位层面）。在自然保护区域，环境因素甚至比视觉引导性更重要。因此，在自然保护区域，照明在交通密度车次/小时/车道低于n时可关闭。当交通密度车次/小时/车道超过x时，照明调至标准正常水平。（例，n=800，x=1100，荷兰交通部，公共工作和水管理，2004和1999）

7.1 亮度概念

M级照明适用于主供机动车驾驶员行驶的路线，某些国家也适用于允许中速驾驶的居住区道路，M1~M6等级由表2中规定的照明标准定义。这些等级的应用取决于道路相关区域的地形和交通量及时间，正确照明等级必须根据道路功能、设计车速、整体规划、交通流量并综合环境条件来选择。决定合适的M等级需要正确选择各影响因素的权重并相加得到权值总和 V_{ws} ，则照明等级 $M=6-V_{ws}$

仔细选择表1中的权重会得到照明等级M1~M6的结果，如果结果不是整数，则取相邻的低一级数字。

表1. 选择M等级的参数 $M=6-V_{ws}$

| 照明等级 | 路面 | | | | 阈值增量 f_n % | 环境系数 R_s |
|------|----------------------------|-------------|-----|--------------|-----------------|---------------|
| | L_{av} cd/m ² | 干燥 U_o | UI | 潮湿* U_o | | |
| M1 | 2.0 | 0.40 | 0.7 | 0.15 | 10 | 0.5 |
| M2 | 1.5 | 0.40 | 0.7 | 0.15 | 10 | 0.5 |
| M3 | 1.0 | 0.40 | 0.6 | 0.15 | 15 | 0.5 |
| M4 | 0.75 | 0.40 | 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 |

*干燥条件以外路面适用，夜间固定时间路面潮湿，并有真实有效的路面反射系数数据



扫码加好友，获取更多智慧灯杆免费资料：
包括行业标准、研究报告、产业政策、解决方案等

表2 机动车道路照明等级基于路面亮度

| 参数 | 选择 | 权重 | 选择权重 |
|---------------|----------|------|------|
| 设计车速 | 很高 | 1 | |
| | 高 | 0.5 | |
| | 中等 | 0 | |
| 交通量 | 很高 | 1 | |
| | 高 | 0.5 | |
| | 中等 | 0 | |
| | 低 | -0.5 | |
| 交通复杂程度 | 非机动交通比例高 | 2 | |
| | 有非机动车 | 1 | |
| | 仅机动车 | 0 | |
| | 无 | 1 | |
| 车道分隔 | 有 | 0 | |
| | 无 | 1 | |
| 路口密度 | 高 | 1 | |
| | 中等 | 0 | |
| 路边停车 | 有 | 0.5 | |
| | 无 | 0 | |
| 环境亮度 | 高 | 1 | |
| | 中等 | 0 | |
| | 低 | -1 | |
| 视觉引导/交通控制 | 差 | 0.5 | |
| | 中等或好 | 0 | |
| 权重总和 V_{ws} | | | |

备注：这些数值适用于足够长能使用亮度概念的道路，不含冲突区域和有交通缓解措施区域（如停车带）。环境系数仅适用于有邻近步道或/和自行车道且没有特别要求（P级）的道路。

亮度概念的应用要求了解路面反射特性，要么通过真实的实测，要么应用参考的 r 表如CIE定义的C和R系统标准(CIE 132-1999 and CIE 144:2001)。但是，最近的测量表明现在道路大量使用的材料与CIE标准（数十年前定义的）很大区别，往往导致30~100%的平均亮度差错(CHAIN et al., 2007)。

当使用亮度概念来进行照明设计时因此需要有路面稳定条件下的光度特性的精确表述，如果实验室测量 r 表有困难，可使用移动设备到现场进行真实路面反射特性的测量。如不可能，现在的CIE标准仍保留了最新版的 r 表用于计算。任何情况下，都有必要系统的评估一个平均亮度系数 q_0 的典型值。

7.2 直接视觉诱导的实践考量

没有办法来定量评价直接视觉诱导（见5.7），但一定的实践考量有所帮助。

有时候，一些排布方式的路灯灯具的直射光线会误导，这可以在设计阶段考虑透视效果下的灯具布置来避免，即考虑在道路使用者眼里灯具的排列形式。改变交叉口、环岛等处的光源光色可以强化视觉诱导性，但这种改变应该在一个区域内是一致的且有意设计的。

8 冲突区域照明



扫码加好友，获取更多智慧灯杆免费资料：
包括行业标准、研究报告、产业政策、解决方案等

发生车流交叉或进入常有行人、自行车或其他道路使用者的区域，或道路形状的改变如车道数量的改变或车道宽度的改变，就意味着冲突区域。冲突区域的存在会导致车辆之间的碰撞，车辆与行人、自行车或其他道路使用者之间的碰撞，车辆与固定目标的碰撞，等风险增大。停车区和收费站也被认为是冲突区。室外工作场所的普通流通区域由CIE S 015/E:2005涵盖。

备注：人行横道需要特别的考虑，不适用于本报告。在有的国家，根据自身实践在国家标准里有更进一步的指导。人行横道的最小要求必须根据CIE 136-2000条款2.4.2决定。照明应能展现冲突区域的存在，路沿和道路标识的位置，道路走向，行人和其他道路使用者的出现，障碍物，冲突区邻近的车辆动向。如果进入或离开冲突区的道路没有照明，应在以设计车速行驶5秒的道路长度提供相应等级的照明布置。C0~C5照明等级根据表5定义的照明指标数值来定义。

表3, 选择C等级的参数 C=6-Vws

| 参数 | 选择 | 权重 | 选择权重 |
|-----------|---------|------|------|
| 设计车速 | 很高 | 3 | |
| | 高 | 2 | |
| | 中等 | 1 | |
| | 低 | 0 | |
| 交通量 | 很高 | 1 | |
| | 高 | 0.5 | |
| | 中等 | 0 | |
| | 低 | -0.5 | |
| 交通复杂程度 | 很低 | -1 | |
| | 非机动车比例高 | 2 | |
| | 有非机动车 | 1 | |
| 车道分隔 | 仅机动车 | 0 | |
| | 无 | 1 | |
| 环境亮度 | 有 | 0 | |
| | 高 | 1 | |
| 视觉引导/交通控制 | 中等 | 0 | |
| | 低 | -1 | |
| | 差 | 0.5 | |
| | 中等或好 | 0 | |
| 权值总和 Vws | | | |

备注 1

要决定适用的C等级，需要从表3中不同参数选择合适的权值并汇总出Vws，则照明等级C=6-Vws

仔细的选择合适的权值，将得到C0~C5等级，如果结果不是整数，则取邻近低的整数。对冲突区域，亮度仍是推荐的设计指标，然而，当视线距离太短或其他因素妨碍了亮度的应用，部分或整个不能使用亮度指标的冲突区域可以使用照度。

亮度和水平照度的相关性取决于路面的亮度系数 q_0 ，表4给出了所列三个 q_0 值路面的M和C级的关系。



扫码加好友，获取更多智慧灯杆免费资料：
包括行业标准、研究报告、产业政策、解决方案等

表4 不同 q_0 路面M和C级道路的相关性

| M等级 | | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | M6 |
|-----------------------------|----|-----|-----|-----|------|-----|-----|
| 平均亮度 cd/m^2 | | 2.0 | 1.5 | 1.0 | 0.75 | 0.5 | 0.3 |
| C等级 $q_0=0.05cd/m^2/lux$ | | C0 | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
| 平均照度 lux | | 50 | 30 | 20 | 15 | 10 | 7.5 |
| C等级 $q_0=0.07cd/m^2/lux$ | C0 | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | |
| 平均照度 lux | 50 | 30 | 20 | 15 | 10 | 7.5 | |
| C等级 $q_0=0.09cd/m^2/lux$ | C0 | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | |
| 平均照度 lux | 50 | 30 | 20 | 15 | 10 | 7.5 | |

• 冲突区域应有不低于连接道路的照明水平，更建议冲突区域应比冲突区域相关的最高等级道路更高一级的照明（如M3道路对应C2等级冲突区域），当出入道路已是最高等级M1时，不能更高一级，这时冲突区域就选M1。

• 当冲突区域选用照度指标时，有必要考虑可比的亮度和照度等级（分别从表2和表5了解M和C级）

• 表4给出了不同亮度系数 q_0 路面的M和C级比较，第一行是冲突区域相关最高等级道路M值和对应的平均亮度要求，对等的C等级照度值则从不同 q_0 路面的相应栏中选取，实际设计的C等级建议比表中对等的等级更高一级。（例如，冲突区域相关最重要道路等级为M4， $q_0=0.07cd/m^2/lux$ ，对等的等级为C4，则冲突区域建议照明至C3级。）

• 如使用亮度概念的冲突区域，需要计算相应观察者位置和观察方向的阈值增量TI，这就需要知道特定观察者位置和观察方向的光幕亮度和适应亮度（ANSI，2005）

备注2

计算方法和应用限制在CIE 140-2000 作了描述。根据CIE140-2000中对运动中观察者的定义，关于冲突区观察者位置和视线方向并没有限制。光幕亮度的计算公式对任何观察者位置和特定视线方向都有效（CIE31-1976），顺着灯具规则排列的道路直线段行进的观察者感受的增量也可用于冲突区域，计算灯具的数量不是非常严格只要冲突区所有灯具都考虑在内，且观察者移动的增量不大于3.0米。离观察者最近的灯具与水平向上成 20° 或更小角度的灯具影响最大。实际的平均亮度由冲突区域的平均照度计算得来。如果反射特性已知， r 表和平均亮度系数 q_0 ，平均亮度 L 可由平均照度 E 用公式 $L = q_0 E$ 计算出来。如果只有漫反射系



扫码加好友，获取更多智慧灯杆免费资料：
包括行业标准、研究报告、产业政策、解决方案等

数 ρ ，则平均亮度可用公式 $L = E \rho / \pi$ 计算，如果对反射特性没有任何了解，则可从表4中选择平均亮度系数 $q_0 = 0.07 \text{cd/m}^2/\text{lux}$ ，或者平均反射系数 $\rho = 0.2$ 。道路反射特性可以直接测量。如果具备准确的放射系数表，亮度设计的精度可以显著提高，这可以帮助可观的投资和能耗节省。

备注3:

在有些冲突区域，视线距离过短，有多个观察者位置和不同的灯具投射方向，则TI不可行，这时可选用灯具光强限制值来作为眩光指标。（附录D）

表 5 冲突区域照明等级

| 照明等级 | 区域平均照度 E (lux) | 照度均匀度 U_0 | 眩光增量* | |
|------|-------------------|-------------|--------|--------|
| | | | 车速高和中等 | 车速低或很低 |
| 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 |

*当道路主要以机动车驾驶员视觉目标为考虑重点时适用

9.1 人行道路照明

行人的视觉任务与驾驶员有许多方面的不同，运动速度低，近的目标比远距离目标对步行者更重要。道路和步道上物体的表面形状和材质对步行者比较重要，但对以轮廓判断为主的驾驶员来说不那么重要。这些差别显示着满足驾驶员需求的照明指标可能不能满足步行者，反之亦然。对居住区街道的高质量照明的好处在CIE136-2000里有总结，除了提升总体形象，好的照明还会阻止针对人身和财产的犯罪，更容易发现犯罪，给邻里更大的安全感。因此，布置和升级居住区道路照明常作为降低犯罪的一种措施，特别在城区这种重要性还在上升。

9.2 犯罪与照明研究

针对犯罪与照明的研究进行过许多，主要方法是衡量照明前后的犯罪率高低，或调查当地居民并记录他们对照明布置或升级的有效性。这些研究在美国（Tien, 1979），英国（Painter, 1988, 1989），日本（Kansai, Report No 4, 1989），和法国（Marinier, 1983）均有记录。虽然不是所有的研究都有很多的数据支持，但作为一个整体来看，它们证明照明效果的改善可以直接减少犯罪和折磨行为的数量，新装或升级的照明会将犯罪活动驱赶至邻近区域。一个英国的研究发现了这种易地犯罪（Lloyd and Wilson, 1989），但另一个研究则发现了整体的减少而不是易地（Schreuder (Lux Europa, 1993)）。这些研究还显示对犯罪的恐惧，



扫码加好友，获取更多智慧灯杆免费资料：
包括行业标准、研究报告、产业政策、解决方案等

这也许和犯罪本身一样有害，也因好的照明而减少。这种恐惧对邻里士气有很大负面影响，妨碍居民夜间出门活动，这不仅是增加了居民的隔离孤立感，也因室外人员稀少，缺少目击和阻止者使得犯罪机会更多。因此，照明也因产生居民自信和自豪而具有很大的非直接效应，形成正式（实际的监督）或非正式（监督的风气）的社会管理，虽然不能精确了解哪个光的特性，什么社会和文化内涵，以何种机制，但照明或其改善确实对城市安全有影响。关于其方法、理论和陈述方面的辩论一直在持续(CERTU, 2006)，如对犯罪的恐惧是需要考虑的一个方面，则面部识别能力应该纳入考量。这方面的其他要求见表6表7。

9.3 居住区道路事故

CIE 93-1992 表明给高速路和干道提供符合标准的照明可以减少夜间交通事故的数量和事故的严重程度。然而在居住区域，一般较少发生交通事故，因此居住区道路的照明主要不是为了避免机动车相关的交通事故，而是给驾驶员以视觉诱导，它主要帮步行者安全通过，让他们可以看见障碍物和其他人，找到自己的路和具有安全感。

9.4 质量指标

道路照明必须使步行者能辨识他们行进路上的障碍物，发现其他人的活动，判断是否友好或可能的身体接近，为此，水平和垂直面上的照明，眩光的控制和显色性能都很重要，环境物体也应考虑。

9.4.1 水平面照明

要保证步行者在马路和步道上安全行动，水平照度 E_h 必须充分。水平照度在地面高度测量，考虑平均照度和最小照度值，适用于整个使用表面，通常包括步道和马路车道表面，除非车道另外安装条款7中的机动车道照明单独处理。

9.4.2 垂直面照明

充分的垂直表面的照度对面部识别是必须的，还可能预先判断侵略性行为。这方面的定量有些困难，因为每个测量点都有许多不同方向的平面需要考虑。克服这个困难的尝试方法是只考虑限定头部高度（1.5m）垂直方向上的半个柱面的照度。这个半柱面照度 E_{sc} ，已在CIE136-2000里引入，作为水平照度的补充。它的测量，需要对常用的平面照度测量的光电探测器进行特别的改变。

9.4.3 眩光控制

不舒适眩光和失能眩光的控制不如驾驶员的严苛，因为行动速度慢许多，反应时间更长。国际公认的眩光定量方法还没有，但有许多国家层面的方法在使用中。控制和定量步行和低速交通区域的眩光的方法见附录D。

9.4.4 光源选择

在犯罪风险高或步行者主导活动的区域，应避免使用单色光源（环境影响



小)。使用显色性好的光源可以提升利用颜色对比度和改进面部识别，这对步行和低速交通区域的老年人和视力障碍者尤为重要。

备注:在使用敏感的天文光学仪器和近海龟产卵区域，低压钠灯的使用是正面的环保措施。

9.5 步行者及低速交通区域照明水平

表6总结了给步行者和低速交通区域选择合适P级照明相关的参考量，P1~P6根据表7给定的照明指标值定义，主要用于步行和踏板自行车的步道，自行车道，与机动车路线邻近或分离的其他道路区域，居住区道路，步行街，以及停车点等。这些照明等级的选用取决于相关区域的地形，交通量和时间相关的环境情况。要决定适用的P等级，需要从表6中不同参数选择合适的权值并汇总出Vws，则照明等级 $P=6-Vws$

仔细的选择合适的权值，将得到P1~P6等级，如果结果不是整数，则取邻近低的整数。

表6, 选择P等级的参数 $P=6-Vws$

| 参数 | 选择 | 权重 | 选择权重 |
|----------|--------------|------|-------|
| 速度 | 低 | 1 | |
| | 很低(步行) | 0 | |
| 交通量 | 很高 | 1 | |
| | 高 | 0.5 | |
| | 中等 | 0 | |
| | 低 | -0.5 | |
| 交通复杂程度 | 很低 | -1 | |
| | 行人, 自行车, 机动车 | 2 | |
| | 行人, 机动车 | 1 | |
| | 仅行人和自行车 | 1 | |
| | 仅行人 | 0 | |
| 路边停车 | 仅自行车 | 0 | |
| | 有 | 0.5 | |
| | 无 | 0 | |
| 环境亮度 | 高 | 1 | |
| | 中等 | 0 | |
| | 低 | -1 | |
| 面部识别 | 需要 | | 额外要求 |
| | 不需要 | | 无额外要求 |
| 权值总和 Vws | | | |

表5 步行者和低速交通照明等级

| 照明等级 | 区域平均水平照度 $E_{h,av}$ (lux) | 区域最小水平照度 $E_{h,min}$ (lux) | 面部识别额外要求 | |
|------|------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| | | | 最小垂直照度 $E_{v,min}$ (lux) | 最小半柱面照度 $E_{sc,min}$ (lux) |
| P1 | 15 | 3.0 | 5.0 | 3.0 |
| P2 | 10 | 2.0 | 3.0 | 2.5 |
| P3 | 7.5 | 1.5 | 2.5 | 1.5 |
| P4 | 5.0 | 1.0 | 1.5 | 1.0 |
| P5 | 3.0 | 0.6 | 1.0 | 0.6 |
| P6 | 2.0 | 0.4 | 0.6 | 0.4 |

备注: 1, 从保证均匀度出发, 维持平均照度不高于对应等级表列数值的1.5倍;
2, 高显色性对更好的面部识别有利



扫码加好友, 获取更多智慧灯杆免费资料:
包括行业标准、研究报告、产业政策、解决方案等

10.1 能源保护

世界范围内的越来越广的共识是在全球气候变化的背景下减少电能的消耗，本报告也考虑了这种需要，通过多种方法保证在任何时间任何情况下只提供恰当和必须的照明水平。

- 本技术报告给定的是最小维持的光度值，因此照明设计可以为项目定义维护计划来限定能源的消耗；

- 考虑了交通量和其他相关参考量及交通组成的变化后给出的调光照明指南，同时也尊重了交通和人身安全，这相比不调光的设计可以减少能耗。

备注：CIE会根据能源保护的综述，继续准备一些关于照明智能应用的文件。

10.2 外观

街道设备的设计和定位可以在白天和夜晚都成为街道的一种风景。照明设备的布置应该考虑因以下因素对白天的景观影响：

- 灯杆的高度与周边建筑及树木的相对关系
- 灯杆位置的选择对于景观价值的影响，尽可能不要成为障碍
- 基础的设计
- 照明布置的复杂程度
- 灯具的设计
- 在环境敏感区域，需要考虑颜色辨别好的光源

10.3 杂散光

为公共道路、自行车道、人行道和步行区域夜晚安全而布置的公共照明有时候被认为是杂散光。杂散光的定义是不在应照明区域的光线，由于其数量、方向或光谱属性等，加大了烦恼、不舒适、分心或降低了看见实质信息的能力。在CIE技术报告《限制室外照明装置的杂散光影响指南，CIE150:2003》里可以找到杂散光的影响和技术参数细节。就道路照明而言，只讨论了两个影响，对居民的影响和对天文观测的影响。进入应该是黑暗的居民住宅如卧室的路灯光线是很恼人的，窗户处的垂直照度是这种影响的一个指标；从灯具直射到常规观察位置视线的光线会引起烦恼、分心甚至不舒适，灯具发光面的亮度水平是这种影响的一个指标。

熄灯概念被引入来衡量在一定时间后应该实行更严厉的照明控制

（CIE126-1997定义），这也需要在设计阶段加以考虑来减少道路照明产生的杂散光影响，使之在夜晚任何时间都在容忍限值内。

天文观测会受人为太空辉光影响，由于可见和不可见光被路面反射、或被大



气中粒子散射而使天空变亮会在观测方向上影响观测行为（CIE126-1997），包括灯具直接的上射光和地球表面的反射光。调光照明的应用可以显著减少在调光阶段因光通量减少而产生的杂散光，水平面以上的光线必须减少到最小（CIE126-1997）

11 可见度概念和中间视觉

本报告均基于亮度概念和明视觉。关于可见度，TC4-36文件《道路照明的可见度设计》给出了现阶段如何预知可见度的知识，描述了三种方法：

- 平面和球状目标的可见度水平，
- 平面目标的小物体可见度，
- 分辨力Revealing Power (RP) 概念，道路表面区域可能发生的平面目标的可见度百分比。

当在典型道路照明水平使用白光时，眼睛的外围视野目标可见度会加强(He et al., 1997)，这可能非常值得重视，因为外围视野被确信与夜间道路安全显著相关。(CIEx028:2005)。外围视野提升的好处尚无定量结果(TAC, 2006)。中间视觉优化视觉效率联盟(MOVE)已经出版了一个可实践的道路照明水平中间视觉光度测试法(Eloholma and Halonen, 2006)，在道路照明的低亮度水平，使用明视觉还是中间视觉光度测量来计算会有实在的区别。这个课题由CIE TC 1-58“中间视觉区的视觉表现”课题组在处理。



附录B: 雪条件下的道路照明

在有些国家,道路和周边环境在冬天会被积雪覆盖,这将从多个方面影响视觉条件。新下雪覆盖路面在夜间会有很好的视觉条件,除非调光降低照明水平,否则道路亮度非常

高,而照明的眩光可能会非常大;即算降低照明水平,积雪的高反射率也足够以负对比相应显现绝大多数物体。但从另一方面讲,驾驶任务更严峻,因为冰雪打滑,积雪掩盖了道路标识,有时甚至交通信号也被积雪覆盖。视觉的有利条件在积雪被盐或温暖的天气融化后会变得不利,这会使路面在一段时间里湿滑,道路标识可能直到路面清洁后才能显现。

积雪条件在一些情况下可以降低光源光输出,但更复杂的驾驶条件和断续的差的视觉条件也会出现,有必要小心的在冬天权衡是否进行道路照明的调光。

附录C: 阈值增量TI [f_{TI}]

道路照明中,普遍使用阈值增量TI来描述光在眼睛里的散射效应(CIE 31-1976).

TI的计算在CIE 140-2000 和CIE 150:2003有描述.

公式如下(C.1):

$$f_{TI} = \frac{65 L_v}{L_{av}^{0.8}} (\%) \quad \text{for } 0,05 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2} < L_{av} < 5 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2} \quad (\text{C.1a})$$

$$f_{TI} = \frac{95 L_v}{L_{av}^{1.05}} (\%) \quad \text{for } L_{av} \geq 5 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2} \quad (\text{C.1b})$$

with

$$L_v = k \sum_{i=1}^n \frac{E_{eye,i}}{\Theta_i^2} \quad (\text{C.2})$$

其中:

L_v 是视野中灯具光强在眼睛里产生的等效光幕亮度;

L_{av} 是观察者看到的适应亮度平均值;

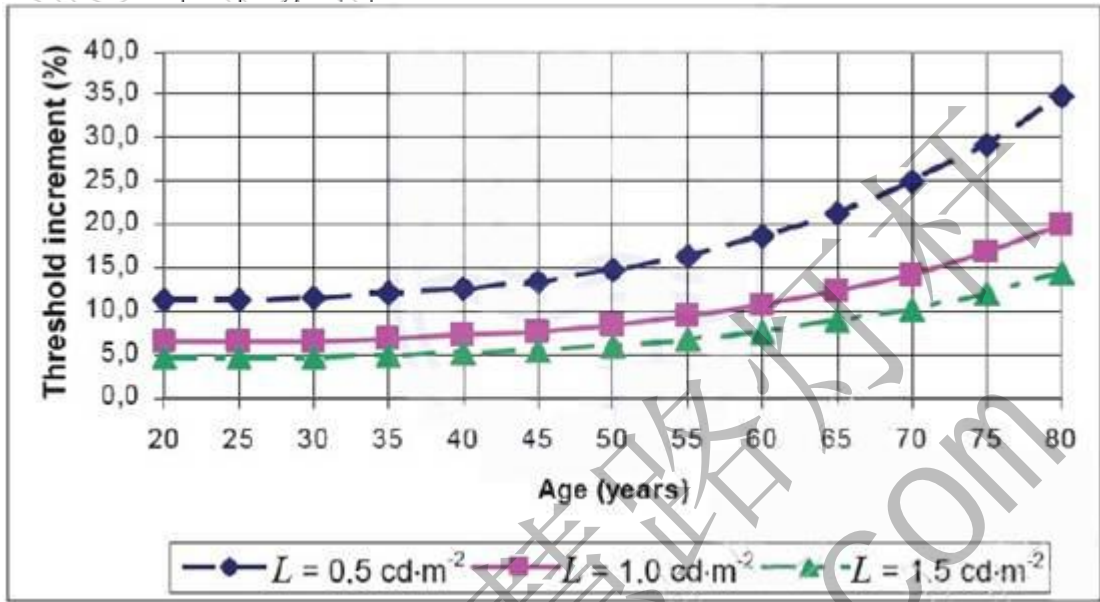
$E_{eye, i}$ 是观察者眼睛高度(路面上方1.5m),视线方向的平面照度,视线方向是水平面向下 1° ;

Θ 是视线方向和灯具中心的夹角;

n 是视野内的灯具数量;

k 是常数,与年龄相关。按惯例取值为10,适用于23岁的观察者。其数值可由公式(C.3)计算:





A 是观察者年龄。

备注，等式 (C. 2) 仅在 $1, 5^\circ < \Theta < 60^\circ$ 时成立 (CIE 31-1976)。

图C.1 特定照明条件下不同年龄段驾驶员的的眩光TI。

附录 D: 人行和低速交通区域的眩光

M级和C级道路的视觉任务很重要，必须用TI来正确衡量所感受的眩光。TI也可用于人行和低速交通区域道路，不同P级道路有不同TI限值（表D.1）

| Lighting Class | Threshold Increment (f_{TI}) in % |
|----------------|---------------------------------------|
| P1 | 20 |
| P2 | 25 |
| P3 | 25 |
| P4 | 30 |
| P5 | 30 |
| P6 | 35 |

该区域也可用另一个指标来衡量其眩光，即表D.2所示分G1~G6级不同高度角上每1000流明的最大光强值。

备注：该指标适用于视觉距离短，观察点位置多及灯具投射方向多的冲突区域。



扫码加好友，获取更多智慧灯杆免费资料：
包括行业标准、研究报告、产业政策、解决方案等

Table D.2. Maximum luminous intensities for luminous intensity classes G1 to G6.

| Luminous Intensity Class | Maximum luminous intensity in $\text{cd}\cdot\text{klm}^{-1}$ | | | Other requirements |
|--------------------------|---|------------------|------------------|--|
| | At 70° and above | At 80° and above | At 90° and above | |
| G1 | --- | 200 | 50 | None |
| G2 | --- | 150 | 30 | None |
| G3 | --- | 100 | 20 | None |
| G4 | 500 | 100 | 10 | Luminous intensities above 95° to less than 1 $\text{cd}\cdot\text{klm}^{-1}$ |
| G5 | 350 | 100 | 10 | Luminous intensities above 90° to be less than 1 $\text{cd}\cdot\text{klm}^{-1}$ |
| G6 | 350 | 100 | < 1 | Luminous intensities above 90° to be less than 1 $\text{cd}\cdot\text{klm}^{-1}$ |

备注1 安装灯具的所有垂直平面的指定高度角的最大光强值/10001m

备注2 高光通量灯具具有必要限值光强绝对值

附录E: M, C和P级照明范例

a) M级道路范例:

交通量随时间变化的道路照明可分四个时段 ($\Delta t1$, $\Delta t2$, $\Delta t3$ and $\Delta t4$), 如从亮灯到晚高峰结束 ($\Delta t1$), 从晚高峰结束到半夜 ($\Delta t2$), 从半夜到早高峰开始 ($\Delta t3$), 和从早高峰开始到熄灯 ($\Delta t4$). (表E2灰色区域为适用亮度值) 决定照明等级需要将适用时段的所有考虑参数的权值相加来计算适用的M照明等级。最大和值来计算正常照明等级如 $M=6-2=M4$, 而最小和值来计算调光照明等级 $\Delta t3$ 如 $M=6-0=M6$, 则 $\Delta t2$ 时段的照明等级为 $M5$ 。



表 E1 选择M等级的参数

M=6-Vws

| 参数 | 选择 | 权重 | 选择权重Vws | | | |
|-----------|---------|------|---------|-----|-----|-----|
| | | | Δt1 | Δt2 | Δt3 | Δt4 |
| 设计车速 | 很高 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 高 | 0.5 | | | | |
| | 中等 | 0 | | | | |
| 交通量 | 很高 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| | 高 | 0.5 | | | | |
| | 中等 | 0 | | | | |
| | 低 | -0.5 | | | | |
| | 很低 | -1 | | | | |
| 交通复杂程度 | 非机动车比例高 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 有非机动车 | 1 | | | | |
| | 仅机动车 | 0 | | | | |
| 车道分隔 | 无 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 有 | 0 | | | | |
| 路口密度 | 高 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 中等 | 0 | | | | |
| 路边停车 | 有 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 无 | 0 | | | | |
| 环境亮度 | 高 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 中等 | 0 | | | | |
| | 低 | -1 | | | | |
| 视觉引导/交通控制 | 差 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 中等或好 | 0 | | | | |
| 权值总和 Vws | | | 2 | 1 | 0 | 2 |
| M=6-Vws | | | M4 | M5 | M6 | M4 |

表E.2. 范例M级道路照明要求随时间变化（灰色区域），

| 照明等级 | 路面 | | | | 阈值增量 | 环境系数 |
|------|-----------------------|------|-----|------|------|------|
| | LaV cd/m ² | 干燥 | 潮湿* | 潮湿* | | |
| M1 | 2.0 | 0.40 | 0.7 | 0.15 | 10 | 0.5 |
| M2 | 1.5 | 0.40 | 0.7 | 0.15 | 10 | 0.5 |
| M3 | 1.0 | 0.40 | 0.6 | 0.15 | 15 | 0.5 |
| M4 | 0.75 | 0.40 | 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 |



范例M级道路照明要求随时间变化（灰色区域），仅亮度变化，其他指标要求不变。



扫码加好友，获取更多智慧灯杆免费资料：
包括行业标准、研究报告、产业政策、解决方案等

b) C 级范例:

交通量随时间变化的道路冲突区域照明可分四个时段 ($\Delta t1$, $\Delta t2$, $\Delta t3$ and $\Delta t4$), 如从亮灯到晚高峰结束 ($\Delta t1$), 从晚高峰结束到半夜 ($\Delta t2$), 从半夜到早高峰开始 ($\Delta t3$), 和从早高峰开始到熄灯 ($\Delta t4$) (表E4灰色区域为适用亮度值) 决定照明等级需要将适用时段的所有考虑参数的权值相加来计算适用的C照明等级。最大和值来计算正常照明等级如 $C=6-6=C0$, 而最小和值来计算调光照明等级 $\Delta t3$ 如 $C=6-3=C3$, 则 $\Delta t2$ 时段的照明等级为C2, $\Delta t4$ 时段的照明等级为C1。

表E.4. 时间相关C级道路的照明要求 (灰色区域为范例)

| 参数 | 选择 | 权重 | 选择权重Vws | | | |
|-----------|---------|------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | | $\Delta t1$ | $\Delta t2$ | $\Delta t3$ | $\Delta t4$ |
| 设计车速 | 很高 | 3 | | | | |
| | 高 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | 中等 | 1 | | | | |
| | 低 | 0 | | | | |
| 交通量 | 很高 | 1 | 1 | | | 1 |
| | 高 | 0.5 | | | | |
| | 中等 | 0 | | 0 | 0 | |
| | 低 | -0.5 | | | | |
| 交通复杂程度 | 非机动车比例高 | 2 | 2 | | | 2 |
| | 有非机动车 | 1 | | 1 | 1 | |
| | 仅机动车 | 0 | | | | |
| 车道分隔 | 无 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 有 | 0 | | | | |
| 环境亮度 | 高 | 1 | | | | |
| | 中等 | 0 | 0 | 0 | | |
| | 低 | -1 | | | -1 | -1 |
| 视觉引导/交通控制 | 差 | 0.5 | | | | |
| | 中等或好 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 权值总和 Vws | | | 6 | 4 | 3 | 5 |
| C=6-Vws | | | C0 | C2 | C3 | C1 |



扫码加好友, 获取更多智慧灯杆免费资料:
包括行业标准、研究报告、产业政策、解决方案等

表 E.5 给定 q_0 值路面 M 级和 C 级的对应关系亮度

| 照明等级 | 区域平均照度 E (lux) | 照度均匀度 U_0 | 阈值增量* | |
|------|----------------|-------------|--------|--------|
| | | | 车速高和中等 | 车速低或很低 |
| 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 |

C1 to C3 (with average illuminances) 表E.5表示照度水平C1至C3在给定 q_0 值路面对应的M级亮度水平，亮度其他相关要求参见2。

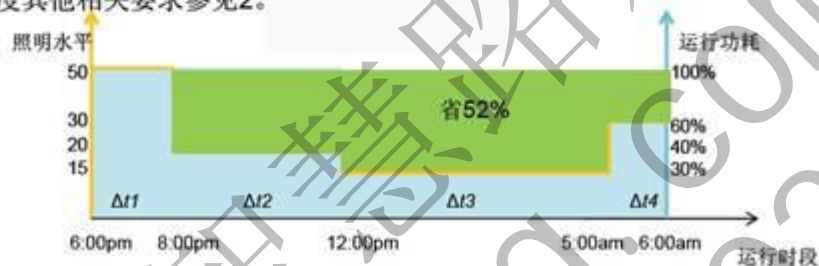


表 E.5 给定 q_0 值路面 M 级和 C 级的对应关系亮度。灰色区域为范例数值

表 E6 时间相关性 P 级道路选择

| M等级 | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | M6 |
|-----------------------------|-----|-----|-----|------|-----|-----|
| 平均亮度 cd/m^2 | 2.0 | 1.5 | 1.0 | 0.75 | 0.5 | 0.3 |
| C等级 $q_0=0.05cd/m^2/lux$ | C0 | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
| 平均照度 lux | 50 | 30 | 20 | 15 | 10 | 7.5 |
| C等级 $q_0=0.07cd/m^2/lux$ | C0 | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
| 平均照度 lux | 50 | 30 | 20 | 15 | 10 | 7.5 |
| C等级 $q_0=0.09cd/m^2/lux$ | C0 | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
| 平均照度 lux | 50 | 30 | 20 | 15 | 10 | 7.5 |

C) 交通量随时间变化的道路冲突区域照明可分五个时段 (Δt_1 , Δt_2 , Δt_3 , Δt_4 和 Δt_5), 如从亮灯到晚高峰结束 (Δt_1), 从晚高峰结束夜间活动 (电影, 戏剧等) 结束 (Δt_2), 从夜间活动结束到半夜 (Δt_3), 从半夜到早高峰开始 (Δt_4), 和从早高峰开始到熄灯 (Δt_5). (表E7灰色区域为适用亮度值) 决定照明等级需要将适用时段的所有考虑参数的权值相加来计算适用的C照明等级。最



扫码加好友，获取更多智慧灯杆免费资料：
包括行业标准、研究报告、产业政策、解决方案等

大和值来计算正常照明等级 $\Delta t1$ 如 $P=6-4=P2$ ，而最小和值来计算调光照明等级 $\Delta t2$ 如 $P=6-1=P5$ ，则 $\Delta t3$ 时段的照明等级为 $P4$ ， $\Delta t5$ 时段的照明等级为 $P3$ 。

表 E.7 时间相关 P 级道路照明要求（灰色区域为范例数值）

| 参数 | 选择 | 权重 | 选择权重 | | | | |
|------------|------------|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | | $\Delta t1$ | $\Delta t2$ | $\Delta t3$ | $\Delta t4$ | $\Delta t5$ |
| 速度 | 低 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| | 很低（步行） | 0 | | | | | |
| 交通量 | 很高 | 1 | 1 | | | | 1 |
| | 高 | 0.5 | | | | | |
| | 中等 | 0 | | 0 | 0 | | |
| | 低 | -0.5 | | | | | |
| | 很低 | -1 | | | | -1 | |
| 交通复杂程度 | 行人，自行车，机动车 | 2 | 2 | | 2 | 2 | 2 |
| | 行人，机动车 | 1 | | 1 | | | |
| | 仅行人和自行车 | 1 | | | | | |
| | 仅行人 | 0 | | | | | |
| | 仅自行车 | 0 | | | | | |
| 路边停车 | 有 | 0.5 | | | | | |
| | 无 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 环境亮度 | 高 | 1 | | | | | |
| | 中等 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| | 低 | -1 | | | | -1 | -1 |
| 面部识别 | 需要 | | 额外要求 | | | | |
| | 不需要 | | 无额外要求 | | | | |
| 权值总和 Vws | | | 4 | 1 | 2 | 1 | 3 |
| $P=6-Vws$ | | | P2 | P5 | P4 | P5 | P3 |

| 照明等级 | 区域平均水平照度 $E_{h,av}$ (lux) | 区域最小水平照度 $E_{h,min}$ (lux) | 面部识别额外要求 | |
|------|---------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|
| | | | 最小垂直照度 $E_{v,min}$ (lux) | 最小半柱面照度 $E_{sc,min}$ (lux) |
| P1 | 15 | 3.0 | 5.0 | 3.0 |
| P2 | 10 | 2.0 | 3.0 | 2.5 |
| P3 | 7.5 | 1.5 | 2.5 | 1.5 |
| P4 | 5.0 | 1.0 | 1.5 | 1.0 |
| P5 | 3.0 | 0.6 | 1.0 | 0.6 |
| P6 | 2.0 | 0.4 | 0.6 | 0.4 |

备注：改变仅限于平均照度和最小照度，眩光仍需满足附录D的要求



扫码加好友，获取更多智慧灯杆免费资料：
包括行业标准、研究报告、产业政策、解决方案等

附录A：经济性计算范例

在项目的如下阶段都有必要了解一个照明系统的投资和运行成本：

- 评估照明需求时
- 决定项目的优先级时
- 规划实施程序时
- 比较不同照明设计方案时
- 成本估计时
- 在预算内

以下条款以范例说明了成本和收益的计算法则

A.1 成本

许多大型道路建设工程的评估都是基于全寿命周期成本（LCC），该方法也适用于道路照明项目的评估。

寿命周期包括从原材料的获得或自然资源的生产到最终的产品废弃的整个连续周期。寿命周期成本包括安装，维护，能耗，坏损，回收和最终废弃的所有费用。计算时考虑整个寿命周期成本非常重要，运行期内存在很大的维护和能源费用，更大的初始投资可能会有更低的能耗和维护费用从而达到更低的总寿命周期成本。比如，保持更长时间高质量的照明设备往往更贵但维护成本更低，从而寿命期总成本低于便宜而质次的照明设备。

所有必须考虑的成本可从如下公式计算：

1) Installation costs (per road metre):

$$C_{in} = \frac{m C_{co} + n C_{lu} + S C_{ps}}{S} \quad (A.1)$$

where

| | | |
|----------|--|------------|
| C_{in} | is installation costs (per road metre) (€); | 安装成本（每米道路） |
| m | number of columns on the cross-section (e.g. 2 for opposite array, 1 for centre median array); | 断面灯杆数量 |
| C_{co} | cost of the column and the foundation per unit (€); | 单位灯杆和基础的成本 |
| n | number of luminaires on the cross-section; | 断面灯具数量 |
| C_{lu} | cost of the luminaire and the first lamp(s) per unit (€); | 灯具价格（含光源） |
| S | spacing of the columns (m); | 灯杆间距 |
| C_{ps} | cost of the power supply mains per road metre (€). | 每米供电成本 |



2) Operating costs (per road metre):

运行成本（每米道路）

$$C_{op} = \frac{t_1 n P_{lu} C_{en} + \frac{n C_{gr}}{t_2} + q n C_{ir} + m C_{fi}}{S} \quad (A.2)$$

where

| | | |
|----------|--|------------|
| C_{op} | is operating costs of the first year per road metre (€); | 每米道路首年运行成本 |
| t_1 | annual burning time (h); | 年亮灯时间 |
| t_2 | life time of the lamp (a); | 光源寿命 |
| n | number of luminaires on the cross-section; | 断面灯具数量 |
| P_{lu} | power of the luminaire (kW); | 灯具功率 |
| C_{en} | cost of the energy (€/kWh); | 电价 |
| C_{gr} | cost of the group replacement of the lamps per unit (€); | 批量更换光源单价 |
| C_{ir} | cost of the individual replacement of the lamp per unit (€); | 单个更换光源单价 |
| q | relative number of individual replacement of lamps per year; | 年单个更换光源数量 |
| m | number of columns on the cross-section; | 断面灯杆数量 |
| C_{fi} | fixed costs per column (€); | 灯杆固定成本 |
| S | spacing of the columns (m). | 灯杆间距 |

3) Life cycle costs (per road metre):

寿命期成本（每米道路）

a) Present value method:

A, 现期值方法
(A.3)

$$C_{lc} = C_{in} + \frac{1 - (1+p)^{-t}}{p} C_{op} + \frac{1}{(1+p)^t} V_r$$

where

| | | |
|----------|--|------------|
| C_{lc} | is present value of life cycle costs per road metre (€); | 每米寿命期成本现期值 |
| C_{in} | installation costs per road metre (€); | 每米安装成本 |
| p | interest rate; | 利率 |
| t | length of the examination period (years); | 计算年限 |
| C_{op} | operating costs of the first year per road metre (€); | 每米道路首年运行成本 |
| V_r | residual value (€). | 残留值 |

b) Average annual costs method (calculated at the mid-point of the service life t):

B, 年平均成本方法
(A.4) 寿命期中点计算)

$$C_{aa} = \alpha_t C_{in} + \beta_t C_{op}$$

where

| | | |
|------------|---|------------|
| C_{aa} | is average annual costs per road metre and year (€); | 每米道路每年年均成本 |
| α_t | capital recovery factor; | 资本回收系数 |
| β_t | growth factor of operating costs; | 运行成本增长系数 |
| C_{in} | installation costs per road metre (€); | 每米安装成本 |
| C_{op} | operating costs of the first year per road metre (€). | 每米道路首年运行成本 |

A. 2 道路照明收益



扫码加好友，获取更多智慧灯杆免费资料：
包括行业标准、研究报告、产业政策、解决方案等

道路照明收益（交通经济）是基于比较道路交通量在照明成本和灯杆碰撞成本影响下的年平均节省。计算道路照明收益需要的交通量是分析道路照明系统寿命（ t ，一般是20年）一半过后的估计值（公式A.5），所有因素，系数，单价等必须依照国家统计数据。

$$V_{ADT} = \frac{10^8 \left[C_{aa} + b N_c C_{cc} (1+r_1/100)^{t/2} \right] R_{bc}}{365 b \left[1.1 p d g C_{pa} (1+r_2/100)^{t/2} + S_{tc} \right]} \quad (A.5)$$

式中：

V_{ADT} 日均车流量 (车次/天); C_{aa} 每公里平均年成本, 据公式 (A.4);

b 交通量上升因素;

N_c 每公里灯杆数;

C_{cc} 一个灯杆碰撞成本 (€);

r_1 灯杆碰撞成本年增长率 (%);

R_{bc} 收益成本比;

系数1, 1包括材料损坏;

T 照明系统服务寿命 (年);

p 夜间交通量比例;

d 因道路照明减少的夜间交通事故;

g 每公里道路人身伤亡事故比例 (事故/(108 车次公里));

C_{pa} 人身伤亡事故成本 (€);

Confidential 邓云塘, 2011,2 内部使用

r_2 人身伤亡事故成本年增长率 (%);

S_{tc} 每车次公里的时间成本节省 (€/km), 据公式 (A.6).

此为包括伤亡在内的社会总成本，如果高安全性安装灯杆，伤亡成本可假设为0.

¹⁾ This cost is the total cost to the community, including injury or fatality costs. If passively safe columns are used the injury cost element can usually be taken as zero.

$$S_{tc} = p V_{tt} \left(\frac{1}{v_1} - \frac{1}{v_2} \right) \left(1 + \frac{r_3}{100} \right)^{\frac{t}{2}} \quad (A.6)$$

where

| | | |
|---------------------------------|--|-------------|
| p | is the proportion of night-time traffic; | 夜间交通量比例 |
| V_{tt} | the value of traffic time (€/h); | 每小时交通时间的价值 |
| r_3 | annual growth in value of time in traffic (%); | 交通时间价值年增长率 |
| v_1 | night-time speed before road lighting (km/h); | 无道路照明的夜间车速 |
| v_2 | night-time speed after installation of road lighting (km/h); | 有道路照明的夜间车速 |
| $\frac{1}{v_1} - \frac{1}{v_2}$ | savings in time per vehicle km (h/km). | 每公里车次的的时间节省 |



扫码加好友，获取更多智慧灯杆免费资料：
包括行业标准、研究报告、产业政策、解决方案等

A.3 范例

计算是基于2006年芬兰的单价和系数。

1) 安装成本(每米道路):

$$C_n = \frac{m C_{co} + n C_{lu} + S C_{ps}}{S} \quad (A.7)$$

| | Example 1 | Example 2 |
|-----------------------|--|---|
| | Motorway, lighting class M2, lamps ST-250, twin-central arrangement, mounting height 12 m and rigid columns between guard rails. | Sub-urban two-lane main street, lighting class M4, lamps ST-250, single-sided arrangement, mounting height 10 m, earth cables and energy absorbing columns. |
| <i>m</i> | 1 | 1 |
| <i>C_{co}</i> | 960 € | 1 056 € |
| <i>n</i> | 2 | 1 |
| <i>C_{lu}</i> | 220 € | 220 € |
| <i>S</i> | 53 m | 56 m |
| <i>C_{ps}</i> | 24 € | 22 € |
| <i>C_n</i> | 50,42 € | 44,79 € |

高速路, M2级, 250W钠灯, 中央双挑, 12米高钢杆

2车道城市辅路, M4级, 250W钠灯, 单侧布灯, 10米高缓冲杆, 地理线

2) Operating costs of the first year (per road metre):

每米道路首年运行成本

$$C_{op} = \frac{t_1 n P_{lu} C_{en} + \frac{n C_{gr}}{t_2} + q n C_r + m C_h}{S} \quad (A.8)$$

| | Example 3 | Example 4 |
|-----------------------|--|--|
| | Motorway, no impact collisions against columns | Sub-urban two-lane main street, energy absorbing columns |
| <i>t₁</i> | 4 000 h | 4 000 h |
| <i>t₂</i> | 4 | 4 |
| <i>n</i> | 2 | 1 |
| <i>P_{lu}</i> | 0,284 kW | 0,284 kW |
| <i>C_{en}</i> | 0,06 €/kWh | 0,06 €/kWh |
| <i>C_{gr}</i> | 22 € | 22 € |
| <i>C_r</i> | 37 € | 37 € |
| <i>q</i> | 0,15 | 0,15 |
| <i>m</i> | 1 | 1 |
| <i>C_n</i> | 34 € | 34 € |
| <i>S</i> | 53 m | 56 m |
| <i>C_{op}</i> | 3,63 € | 2,02 € |

高速, 无灯杆撞击

2车道



扫码加好友, 获取更多智慧灯杆免费资料:
包括行业标准、研究报告、产业政策、解决方案等

3) Life cycle costs (per road metre):

全寿命成本（每米道路）：

Average annual costs method (average annual costs per road metre and year, calculated at the mid-point of the service life t):

年均成本方法（寿命中期每米道路年均成本）

$$C_{aa} = \alpha_r C_{in} + \beta_r C_{op}$$

(A.9)

Considering installations with

考虑参数：

- service life of lighting: 20 years,
- interest rate: 6 %,
- annual growth of operating costs: 2 %,

•服务寿命20年

•利率6%

•年均运行成本上升2%

the capital recovery factor $\alpha_r = 0,087$ and the growth factor of operating cost $\beta_r = 1,49$.

资本回收 0.087，运行成本增长因素1.49

Example 5:

Motorway

$$C_{aa} = 0,087 \times 50,42 \text{ €} + 1,49 \times 3,63 \text{ €} = 9,80 \text{ €}$$

Example 6 :

Two-lane main street

$$C_{aa} = 0,087 \times 44,79 \text{ €} + 1,49 \times 2,02 \text{ €} = 6,90 \text{ €}$$



$$V_{ADT} = \frac{10^8 [C_{aa} + b N_c C_{cc} (1+r_1/100)^{t/2}] R_{bc}}{365 b [1,1 p d g C_{pa} (1+r_2/100)^{t/2} + S_{tc}]} \quad (A.10)$$

| | Example 7 | Example 8 |
|-----------|---------------------------------|----------------------|
| | Motorway | Two-lane main street |
| C_{aa} | 9 800 € | 6 900 € |
| b | 1,4 | 1,4 |
| N_c | 1 000:53 | 1 000:56 |
| C_{cc} | 0 (columns between guard rails) | 170 € |
| r_1 | 0 % | 2 % |
| R_{bc} | 2 | 2 |
| t | 20 years | 20 years |
| p | 0,3 | 0,3 |
| d | 0,2 | 0,3 |
| g | 7 | 20 |
| C_{pa} | 386 800 € | 386 800 € |
| r_2 | 2 % | 2 % |
| S_{tc} | 0 € | 0 € |
| V_{ADT} | 17 608 veh/d | 5 065 veh/d |

Savings in the time costs (S_{tc}) are not taken into account. Speed limits restrict to use higher driving speed due to road lighting.



扫码加好友，获取更多智慧灯杆免费资料：
包括行业标准、研究报告、产业政策、解决方案等