

道路照明

(论文集)

〔日〕正木光 等著

王太同 林贤光 戴凤昆 合译

117
76
人 98
8

交通出版社

101

道 路 照 明

(论 文 集)

〔日〕正木 光 等著

王太同 林贤光 戴凤昆 合译

人 民 交 通 出 版 社

道路照明

〔日〕正木光等著

王太同 林贤光 戴凤昆 合译

人民交通出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

北京市通县曙光印刷厂印

开本：787×1092 1/32 印张：6.25 字数：130 千

1982年12月 第1版

1982年12月 第1版 第1次印刷

印数：0001—3,800 册 定价：1.20元

内 容 提 要

本书是关于城市道路及公路的照明技术的论文集，取材于国际照明委员会的一个文件和几种国外的照明工程杂志。它对道路照明（包括隧道照明）的理论和实践，作了中肯的论述和详细的介绍；其中有些篇章并涉及广场照明及其它照明。书中附有图片多幅，可帮助读者了解国外的照明技术动态。

本书可供城市道路及公路部门和城市建设部门的技术人员和管理人员参考。

前 言

一般习惯于把交通运输比作人体的血管，而公路则犹如其毛细血管。从某种意义上说，这个比喻是很贴切的。

公路，遍布全国，四通八达，它沟通城乡各地的联系，保证着沿海和内地的物资（以及人员）交流，和铁路、水运、航空一样，是整个国民经济中不可或缺的一环。

为了充分发挥公路运输的机能，良好的公路照明是一个重要的条件。只有具备完善的公路照明，才能保证车辆在公路上日夜不停地高速和安全行驶。而且，合理的照明设计，还有美化环境、点缀风景的作用。

当然，最重要的是保证交通安全，不少国家的统计资料说明，夜间的交通事故约占总事故数量的30%或更多，而夜间的人身事故更大大超过白天。可见公路照明之重要性。

我国的公路照明水平，和国际先进水平相比尚有很大的差距。为了适应四个现代化的需要，必须大大改善公路的照明，而学习国外在这方面的先进经验，少走弯路，无疑对我国是有益的。为此，我们翻译了几个国家这方面的一些文章，供道路工程和照明工程的技术人员参考，希望能对我国公路现代化作点贡献。

由于我们水平所限，译文不确切和错误之处在所难免。敬请读者批评指正，我们将十分感谢！

译 者 1981年12月

目 录

一、交通与照明.....	1
二、道路照明（技术总论）.....	12
三、道路照明和夜间交通安全.....	52
四、关于机动车道路照明的国际建议.....	69
附录 I 道路照明设施的标准举例.....	101
附录 II 道路种类的专门名词.....	108
五、全天候的道路照明.....	111
六、高杆照明.....	122
七、短隧道照明.....	145
八、道路照明——日本照明手册(1978)第23章.....	161

一、交通与照明

正 木 光

1. 前 言

交通照明一语含义甚广，涉及范围大致可分以下几类：

- (1) 为乘客提供的照明；
- (2) 为管理、维护等业务而进行的照明；
- (3) 为运行交通工具而进行的照明。

第(1)类包括车站、机场等的照明，以及交通工具，例如车辆、船舶、飞机等的客舱照明。第(2)类包括铁路的调车场、港湾、车库、机场的停机坪等工作现场，以及调度室、业务办公室等的照明。第(3)类系为提供交通工具的驾驶者以必要的视觉信息而进行的照明，如：道路照明、铁道口照明等等，以便观察到必须观察的对象及其背景。即，通过对视环境进行的照明，以利于传递视觉信息，以及发出信号、标志、灯塔的光（包括自身发光或反射光的），作为视觉信息传递给直接驾驶的人员。

当然，此种分类的方法并不完善，还存在同是一种照明、属于几种分类的情况，例如站台照明既是提供给乘客的，也是为铁路工作人员工作的，同时也是有利于站内电车司机驾驶的。再例如道路照明，就兼有两种作用，其主要作用是有利于将视觉信息直接传递给汽车司机和行人，同时，由于高速公路上排列的照明器，一起进行照明，所以还能对

汽车司机起着前进道路方向的诱导作用。

上述分类中的(1)、(2)，即服务于通常业务的照明，采用通常的照明方法和照明标准即可。仅交通设施，由于在电源等方面具有某种特殊性，故需将该方法和标准作适当修正。但，(3)类为运行交通工具而进行的照明则不同，它属于交通照明的专门领域。

图1-1是以 Allen 的分析为基础，以汽车运行为例表示在交通工具运行时，获取、传递、控制视觉信息的过程。来自外界的信息，即前方道路的状况、障碍物、信号、标志等通过驾驶人员的眼睛输入脑中枢，与记忆下来的有关信息综合之后，作出判断，将其结果作为指令传输至动作中枢，再通过手、脚进行相应的操纵动作。

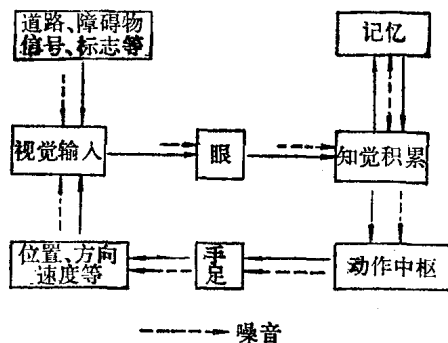


图1-1 汽车运行时视觉信息的传输和控制回授

其结果，就成为新输入的视觉信息，构成新的指令。以上是以汽车为例，这一过程对于其它交通工具亦大致相同；同样是信息输入、传输、发出控制指令的连续工作过程。外界传给操纵交通工具的驾驶人员的信息，大部分是通过驾驶人员的眼睛传输到脑中枢的，所以，有助于该信息输入的照明作用极为重要。而且期望提供上述信息的照明，与人体物

理、生理、心理的机能相适应，以利于识别被观察的对象。

2. 光 和 视 觉

光在物理学中被解释为一种电磁波，眼睛所能感觉到的光，即可见光，是波长 $380\sim 760\text{nm}$ ($1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$) 的电磁波。光进入眼睛之后，会有光亮和颜色的感觉。图 1-2 表示，来自观察对象的点 A 的入射于眼睛的光，透过角膜，经过透镜（晶状体和它前后的液体）的折射，在视网膜上 A' 处成像。视网膜上的视神经细胞在光的照射下，随即引起光化学反应。这一变化通过神经束，引起了一系列连锁反应，传输到大脑的视中枢而产生视觉。图 1-2 表明，视对象（观察对象）AB 上的各点，在视网膜上成像 A'B'，故产生了与其相同的视觉。

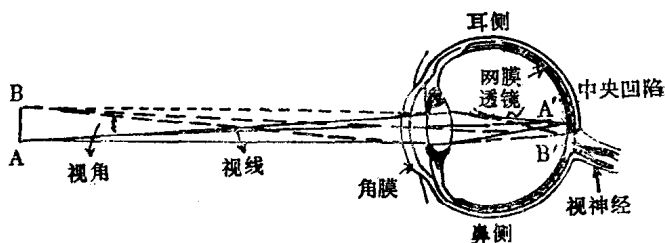


图 1-2 眼的结构及机能

视网膜上的视对象的像 A'B' 上各点的照度（网膜照度），和视对象的亮度成一定比例，而反应又是与该比例相对应产生的，所以能够从视对象的亮度分布知觉出其形状、结构，并由视对象发出的光的光谱分布知觉出它的颜色。

视神经细胞约有 115,000,000 个，通过约一百万个神经纤维与视中枢联系。这说明可以传输的视觉信息量是非常大。

的。人用双眼观看时,视野左右各约为 100° ,上下各约为 50° 。但是,目不转睛地注视时,能够清楚地看到的只是视线方向 1° 多的范围,要感知在此以外的对象,则视线固定于该方向的时间要 $0.1\sim 0.2$ 秒。

视神经细胞有锥状体和杆状体两种。锥状体多位于视网膜的中心(图1-2A'),工作于较亮的环境中时,具有极好的识别物体形状和颜色的能力。杆状体多在视网膜的周边,具有感觉弱光的能力。眼睛相应于外界的亮度,适当地调节锥状体和杆状体而具有合适的感度。此种现象称为亮度适应。眼睛由暗环境到亮环境的习惯时间,即明适应的需要时间约1分钟,相反,由亮环境到暗环境的习惯时间,即暗适应时间则要30分钟以上。

眼睛对亮环境的适应(视野内的亮度约在 $2\text{cd}/\text{m}^2$ 以上,白天,室外),主要是锥状体细胞呈工作状态,我们称此为明视觉,可以极好地识别视对象的形状和颜色。与此相反,对暗环境(视野内的亮度在 $0.01\text{cd}/\text{m}^2$ 以下,夜间,室外)的适应,主要是杆状体细胞呈工作状态,我们称此为暗视觉。介于此两者之间的,则称之为薄明视觉(或中间视觉),这时,锥状体和杆状体细胞同时对应着环境的亮度而适当地工作。黄昏时,室外,亮度急剧地下降,眼睛适应迟缓,实际经验也证明,这时,对物体的视能力格外低。

若外界的亮度和颜色一律相同,这时在视野内,只能感到同一的亮度和颜色,因此也就几乎不能得到视觉信息。要从背景中识别视对象,那么在对象与背景之间,必须有亮度或颜色的差别。实际上,颜色的差别是起补充和辅助作用的,起重要作用的是亮度差别,亮度差是辨认的重要因素。现举简单例子说明这一问题:注视无色彩(白、灰、黑)背景下的无色彩的圆形对象。

图1-3（上）表示一定大小的5个圆，它们与背景有着不同的亮度差。



图1-3 视对象和背景的对比度（负对比度）
以及视对象的大小

由图1-3（上）可知，亮度差大的，容易识别。对识别问题作定量处理时，也可以用亮度差作为尺度，不过，通常都是以视对象亮度和背景的亮度差与背景亮度的比，即以对比度作为尺度。其定义是 $C = |(L - L_b)/L_b| = |\Delta L/L_b|$ ，其中 L 为对象亮度、 L_b 为背景亮度、 C 为对象和背景之间的对比度。要从背景中识别出对象物，对比度必须达到一定值以上，而且越大越清楚。

图1-3（下）为对比度相同，但大小不同的5个圆。圆小到什么程度，人的眼睛就不能识别，或者说大到什么程度，人的眼睛就能识别，这要看识别者的视力如何，也就是说，因人视力不同而异。不过，如视力为一定值，识别的对象大小，就必须在某一限度以上，而且越大越容易识别。由于同一大小的视对象，从远处看时就会变小，所以在处理识别问题时，以对象对眼睛的张角，即以视角为尺度。

如在十分亮的地方，看图1-3中5个对比度各不相同的圆或大小（视角）不同的圆，可以全部看见，但是要在较暗的地方看时，所能看见的个数就会减少。所以，从背景中识别一定对比度和大小的对象时，环境（背景）亮度必须在某

一数值以上。环境亮度越高越容易识别。上述对比度无论正负（例如：图1-3所示，对象比背景暗时为负对比度，图1-4所示，对象比背景亮时为正对比度），效果均相同。负对比度时， $C \leq 1$ ，而正对比度时， $C > 1$ 。

根据上述事实，从背景中识别出视对象的要素，有以下三点：

(1) 对象与背景间的亮度对比度；

(2) 对象的大小（视角）；

(3) 背景（环境）的亮度。

对这3个要素，Blackwell进行了定量实验。其结果的概要，如图1-5所示。

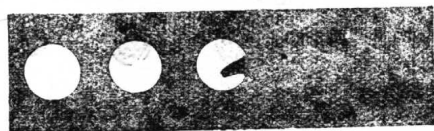


图1-4 视对象和背景的对比度（正对比度）

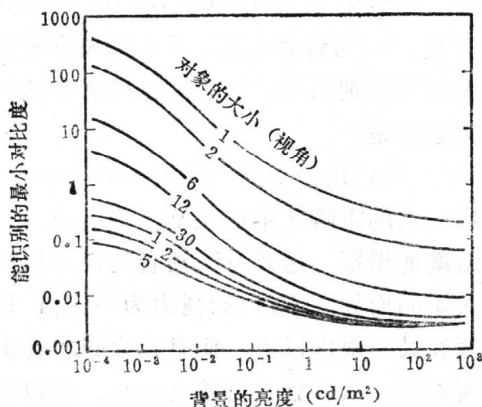


图1-5 同一背景下的圆形对象的识别

以上结果系指注视同一背景下的圆形对象。可以说，这是静态下的观测结果。实际上，驾驶交通工具的司机观察对象几乎都是在动态下进行的。所以，还必须考虑到更多的因

素，即：

- (4)视对象的形状；
- (5)视对象轮廓的清晰度；
- (6)亮度不均匀的背景；
- (7)观察时间；
- (8)视对象在视野内的位置（在视线方向上，还是在周边部分）；
- (9)视对象以及观测者的活动情况；
- (10)观测者的视力、色觉、精神和身体状况；
- (11)大气的混浊程度和气候状况（雾、烟雾、雨、尘埃等等）。

另外，视对象是否在预料之中的位置上，还是突然出现在非特定的位置上，例如道路中的障碍物，总之，这一切都会产生影响。但是，对这些因素，目前尚不能进行定量分析（类似在静观下观测的基本要素（1）～（3）的分析）。所以，对静态观察的视见条件的有关数值（图5），需要大大提高，以保证动态下运行的安全度。

3.交通安全与照明

传递给交通工具驾驶者的信息（外界情况），大部分要通过驾驶者的视觉。所以，如果不能确切地传递视觉信息，造成严重事故的可能性就会增大。交通事故，在一般情形下，多是几重原因引起的。尽管如此，引起事故的直接原因，很难排除是由于视觉信息欠缺或误传，为此，对有关问题，作如下阐述。

（1）不适当的视觉环境：道路照明不充分而引起的汽车事故，错车时前照灯光造成的眩感而引起的汽车事故，隧道入口附近（隧道内的）的障碍物而引起事故。

(2)缺少信号设备,不清楚或辨认不清:信号灯的故障,太阳光反射而引起的异常显示,信号不清楚等等而引起的火车、汽车事故。

(3)大气混浊造成的视环境恶化:雾等造成的视环境恶化而引起的汽车多重撞车、飞机着陆失败等等。

必须能够确切地传递控制着交通工具前进的道路、障碍物的状况、信号、标志等的视觉信息,而且必须使其内容能够被正确地认识和判断。关于视觉对象的识别,正如前节所述,其基本因素是背景的亮度对比度、视觉对象的大小(视觉)及环境亮度。为传递信号、标志等信息而设置的设备,可在设计时,给出必要的对比度、大小(视角),对于道路的状态以及障碍物等,所能控制的,仅仅是其亮度。

白天,由于有日光而十分明亮,但是在夜间,上述的有关交通的运行就只有依靠人工照明了。这里所说的环境亮度系指视野内亮度,对汽车运行情况来讲,则可以说是由路面亮度所决定。路面亮度取决于照明形成的照度和路面的反射特性。在日本工业标准(JIS)中的道路照明标准、人行横道照明标准和隧道照明标准中,规定了为识别道路状况及障碍物等应给予的路面亮度所需照度。

日本工业标准中,关于一般室内照明的规定亮度,是只要能形成减轻视疲劳而且便于生活、便于识别事物的照明环境就可以了,那么照度标准也仅仅要求能够保证该亮度,或稍高一些。但是,关系到交通方面的日本工业标准,由于其设施涉及的范围极广,就必须既考虑经济性,又保证视作业的必要照度。如果有关照度达不到规定的标准,传递视觉信息就会不充分或迟缓。

为了顺利地传递视觉信息,仅保证必要的照度是不够的,还要求在一定范围内,形成的视野内的亮度是均匀的。

因此，路面上的均匀度标准，也是极为重要的。另外，如果是隧道，白天，从较亮的外面看向隧道内部，以及进入隧道入口，都要有个暗适应的过程。为了减少这一过程所需的时间，就必须在入口部分设置比内部照度还要高的缓冲照明。

视野内的亮度如极不均匀，对识别对象是非常不利的。特别对眩光问题，更加棘手。如在视野内经常出现高亮度的光源，则会因为感受眩光而随之产生不适和疲劳。该现象称为不舒适眩光（心理眩光）。而且，由于视野内高亮度光源的强光进入眼睛之后，不仅在视网膜上形成亮度很高的辉点，而且会在眼睛内部，因视网膜的纤维结构而散射，并在辉点周围形成光晕。

若从视觉角度来看上述问题，就等于在视野内的相当广的范围内，存在着光幕。其结果，必然降低视对象和背景之间的对比度，从而使识别能力降低。该现象称为失能眩光（生理眩光）。失能眩光的影响大小要看眩光光源的强度以及视线相近程度、环境的黑暗程度而定，后者愈大，其影响就愈大。所以，与具有充分照明的室内相比，就更加显出该影响对交通视环境的严重干扰。因此，在道路上，不管是前照灯，还是道路照明器都要考虑消除该影响，在配光时要尽量减弱朝向驾驶人员视线方向的光，必须采用截光型结构的灯具。

4. 交通照明的现状和前景

交通照明当中，服务于乘客的照明以及为一般管理、维护业务提供的照明，是与一般社会照明的进步相对应，并随着其水平的提高而发展的。将来，也会随着该趋势而进展。其发展过程，首先是照度的提高，其次是视野内的亮度分布、光色等视环境的改进。今后进一步节约能源也是一个重

大的课题。

至于为驾驶交通工具而进行的照明，即交通照明这一专门领域的现状和前景，概括起来，不外是最近交通工具的速度和密度都在增大，操纵和运行管理作业日趋复杂，有自动化的倾向。人们通过感觉，主要通过视觉获得信息，经大脑中枢检查，随后通过手和脚来操纵，若称此为“手动运行”，则自动运行，信息是通过电子装置，送往相当于中枢的计算机，再由电子装置将指令传输给操纵装置来进行运行交通工具的工作，该过程即连续不断地形成指令进行工作的过程。虽然，这种完全自动运行的交通工具尚未在实际当中出现，但是用电子装置作为辅助手段则已显示出它的优越性。

汽车受道路的限制，但是它的最大特点仍是来往可随心所欲，自由选择目的地。所以，在今后相当长时期内，还是要以手动操纵为主。因此，配备良好的道路照明，在夜间形成合适的视环境，是十分必要的。目前，虽然已有部分道路设置了相当的照明设备，但是，广泛地普及，还是今后的课题。

现在，新干线的车速为 200km/h ，喷气客机的着陆时速是 $250\sim 200\text{km/h}$ 。现已采用的自动运行的技术有新干线的ATC（自动列车控制）、定期航空中的自动操舵、INS（惯性航法）、ILS（仪器着陆）等。不过，这些还是离不开手动操纵，飞机的起飞和着陆的最后阶段仍旧是完全手动操纵的。外界情况的信息进入眼睛，传输至中枢后，直至认识的时间为 $0.1\sim 0.2$ 秒，核查该信息直至开始进行操纵动作为止。总计为1秒。在此时间内， $200\sim 250\text{km/h}$ 的列车和飞机可行进 $55\sim 70\text{m}$ ，为了操作及时，则必须在相当距离之前就开始操作。而另外一方面，若从交通密度增大的要求来考虑，恐怕这样的速度就不能以手动操纵为界线了。预定速

度为500km的线性马达。拟利用磁力浮升列车的第2新干线，或者更加高速化的飞机，必定要向操纵自动化方向迈进。

“交通工具运行自动化，视觉信息是否就不需要交通照明了呢？”目前认为，即使是交通工具完全自动运行，为了监视运行，以及在电子装置出现故障时，进行必要的处置，操纵者仍然是不可少的。所以，尽管直接操纵是通过电子计算机和电子线路来进行的，但是，仍旧存在着通过视觉进行监视的作业问题，因此照明也是不可少的。

另外，不能仅仅从单个的列车以及飞机等来看问题，还要想到列车群或飞机群的运行管理的自动化问题。关于这个问题，当然也离不开监视作业。目前CTC（列车集中控制）和航空管制等，信息是通过运转总控制室或航空管制室中的电子装置来传递的，无论是仪表盘的指示灯还是雷达、电视等的示波管或显像管都是显示给视觉的。这些室中的工作人员，为了对列车或飞机进行监视，都非常辛苦。所以，如何改进他们的视作业条件，改善其视环境，减少疲劳和避免工作上的错误，将是今后交通照明的新课题。

5. 结 束 语

以上，阐述了交通照明的分类及其目的、视觉的重要性、眼睛和识别的关系、照明的理想状态。本文只不过从理论上对基础研究作一些阐述，有关具体应用，可见其他专著中的详细论述。

（译自日刊《电设工业》 1977年8月号