

《民用建筑照明设计标准》
编制组内部交流资料(2)

足 球 场 照 明

C I E 出版物第 57 号 (1983 年)

彭明元 译

中国建筑科学研究院物理所

1986·10·

足 球 场 照 明

1. 前 言

足球(美式足球)场地的照明质量主要是由照度水平、照度均匀度和所达到的眩光控制程度来决定的。运动员和观众的要求各不相同。对运动员来说,比较低的照度就可以满足,但对观众来说,视觉工作要求就高一些,满足看完一场比赛所需要的照度是随观众同运动场地之间的距离而增加的。

本推荐中所给出的照度值(表1)是使用值。设计照明装置时,应该考虑由于灰尘沉积在泛光灯上引起的光输出的衰减和灯泡在整个使用期间的光通维持情况。光输出的衰减除了灯泡的使用时间外,还依赖于当地的条件和所选用的灯具类型。因此,新照明装置所达到的初始照度应该是推荐使用照度值的1.2—1.6倍。这一点视环境条件而定。

照明装置引起的眩光程度依赖于泛光灯的发光强度和照射方向、照明装置的数量、照明装置在视场中的位置以及周围环境的亮度。

实际上,确定照明装置有从财政上考虑的趨勢,这在很大程度上是由观众座位的多少决定的。因此,就训练而言,可以采用比较简单的照明装置。反过来说,在有看台的大体育场,因为采用比较高的照度,仔细地控制光束并对眩光加以限制可增加一些费用则是

完全必要的。

泛光照明装置除了对运动员和观众产生眩光外，还能对足球场外引起眩光。如果运动场地处于主要道路或人行道附近，应该特别当心，保证在场地之外不会出现过多的溢光。

在照明要用来转播彩色电视的地方，在研究本报告的同时，还应参考CIE出版物第28号(1975)：“转播彩色电视用的，体育照明”。

2 观众座位不多或没有观众座位的 比赛场地或训练场地的照明

2.1 照度

2.1.1 照度水平

对于这种场地的平均水平照度的推荐值是50—150 Lux。

2.1.2 照度均匀度

在训练场地，作为一种可以接受的均匀度，最小水平照度和平均水平照度之比不应低于1:4。

2.2 光源

金属卤化物灯、高压钠灯和卤钨灯都可采用。选择光源时还要考虑每年使用的时数和初始投资及运行费用的经济性。

3. 有观众座位的场地的照明

3.1 照度

3.1.1 照度水平

观众对运动员的可见度不但与垂直照度有关,而且与水平面的照度有关。垂直照度分量的大小取决于泛光灯的指向和位置(见图4)。由于水平照度的计算和测量都更为方便,所以照度推荐值给的是水平面的照度。由于观众容量随着场地不同变化范围很大,而观看距离与场地的容量有关,所以要求的照度将随体育场的大小而增加,如表1所示。

表1 尺寸不同的足球场的平均使用水平照度

观众容量	观看距离 * (m)	平均水平照度 (使用值 (Lux))
< 10000	120	150—250
10000—20000	160	250—400
> 20000	200	400—800

* 从观众座位的最远点到运动场地最远点的距离。

3 · 1 · 2 照度均匀度

实际上,照度绝对均匀是不可能达到的。照度均匀度一般用最小照度/最大照度之比表示,也可以用最小照度/平均照度之比表示。照度均匀度至少应该达到 $E_{min}/E_{av} = 1:1.5$,但是对于以表1所列的低照度为基础的照明装置来讲,实际上受到了各种限制,不得不采用低于理想值的均匀度。在这些情况下,只要灯具排列和经济上的考虑许可时,均匀度就应优于 $1:2.5$ 。其前提是必须遵守4·1节中推荐的泛光灯安装位置。即使满足这个比值的场地,如果要求照度变化平稳,就应避免照度在一个短距离内发生迅速的变化。

3 · 1 · 3 亮度均匀度

除了前面对照度均匀度的规定外,还值得强调的是,眼睛看见的是亮度而不是照度。场地的外观将随观看方向、场地的条件和气候而变化。

3 · 1 · 4 立体感

第3·1·1节中给出的照度推荐值是水平照度。因为这个值容易对照度进行规定、计算和测量。尽管如此,运动员和观众的可见度不仅依赖于水平面照度和垂直面照度的,因为物体的立体感和从不同方向达到物体的水平照度同垂直照度之比有关。由于在任何一点上,有无限多个垂直平面,所以比较方便的是只考虑相互垂直的四个平面,如下图所示。

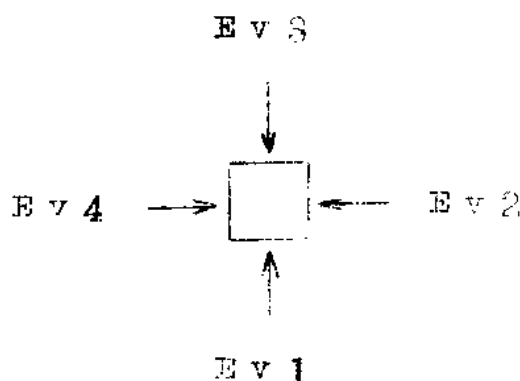


图1 垂直照度的标准平面

如果 E_h 、 $E_v 1$ 、 $E_v 2$ 、 $E_v 3$ 和 $E_v 4$ 大致相同，则被照明的运动员和物体的立体感就比较平淡，观看三维空间里的物体就比较困难。另一方面，这五个值的差别要是过大，立体感就会太强烈，这样就会歪曲运动员或物体的外观形象。对运动照明来说，因为可以从各个方向观看，所以一般取整个场地上所有测点的平均数。如果 E_h 小于四个垂直面上任一垂直照度的平均值的二倍，则所产生的立体感一般说来都是可以接受的。

3.2 光源

选择光源时应该考虑以下几种因素：

- 发光效能
- 每个灯的流明输出
- 利用系数，即到达运动场的光通量

- 光源的光色和显色性
- 起动和再起特性
- 每年使用的小时数
- 初始投资和运行费

卤钨灯、金属卤化物灯和高压钠灯都可考虑用于这些类型的照明装置，但是如果需要高照度，卤钨灯就不经济，除非每年使用的小时数较少。如果照明装置日后有可能提高其使用等级，满足彩色电视要求的标准，高压钠灯则不合适，而只应考虑金属卤化物灯。考虑彩色电视转播的体育照明的更加详细的资料，可参考CIE第28号出版物（1975）。

4 照明技术

4.1 安装系统

运动场地安装的照明系统基本上有两种，一种是四塔系统，采用这种系统时，泛光灯安装在四个高塔上，高塔设在比赛场地对介线的延长线附近。另一种是侧面照明系统，这种系统是将泛光灯安装在场地的两侧，安装高度一般比较低。这两种系统还有两种变形，应该加以区别：

(a) 在比赛场地两侧分别安装2个、3个或4个灯柱，把泛光灯成组地安装在这些灯柱上。

(b) 把泛光灯排成线状，安装在看台顶部或灯桥上，这样，

泛光灯就形成了平行于场地边线的连续光带。

4 · 1 · 1 泛光灯的安装位置——角塔

图2是灯塔安装在场地四角的情形。人们对泛光灯的这种安装位置是比较满意的。塔身的高度应使最低一盏泛光灯与场地中心的连线同场地平面的夹角在 20° 以上。该角度增加到 30° ，可以减小对运动员和观众的眩光。但是超过这一范围，塔的价格就会过

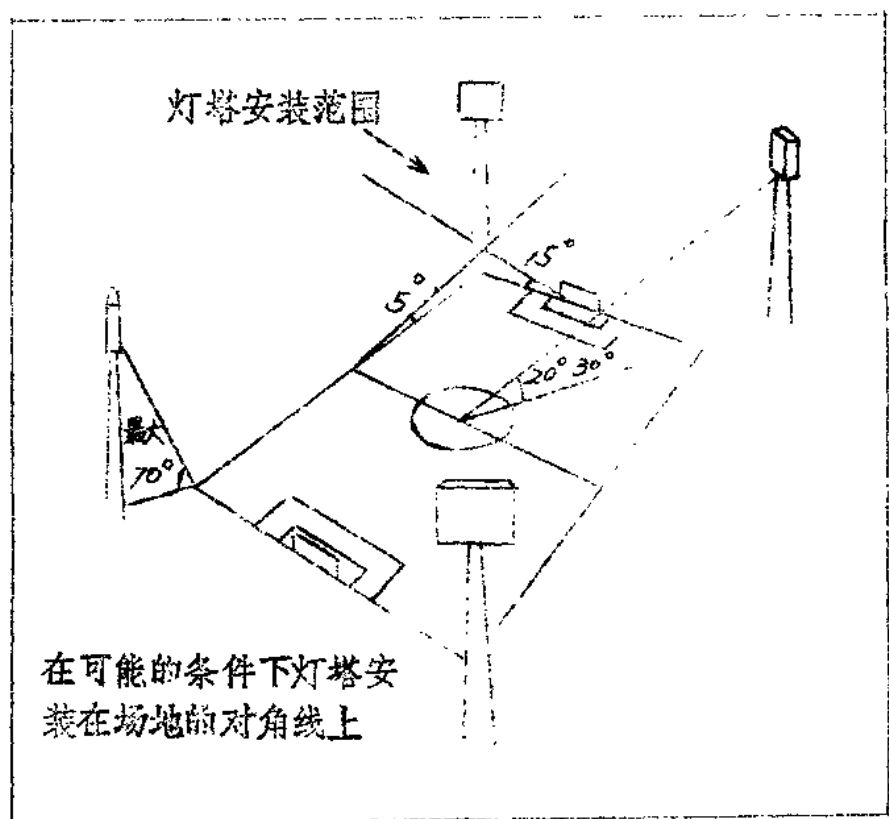


图2 四塔照明装置的透视图

大。而且也会降低垂直照度同水平照度的比例。从足球场边线中心处向外偏移5度，以保证站在边线附近的运动员身上有某一最小垂直照度值。增大这个角度，对移向门线的运动员的眩光就会降低，垂直照度分量就会显著增加。这个角度增大到多少，其切实可行的范围多半取决于妨碍泛光灯照明的看台顶部和投在比赛场地上的阴影。见4·3节。在球门口偏高 15° 主要是想在罚角球时限制在门区的运动员受到的眩光。

这两个角度就规定出了一个范围。在这个区域里安装的灯塔会得到令人满意的效果，但是，最理想的是，这些灯塔应该尽可能地靠近比赛场地的对角线的延长线。为了保证比赛场地四角照度变化平稳，是使一排泛光灯和场角的连线同场角到塔基水平连线之间的夹角不应大于 70° ，这样就有效地规定了从比赛场角到灯塔基部的最小距离。

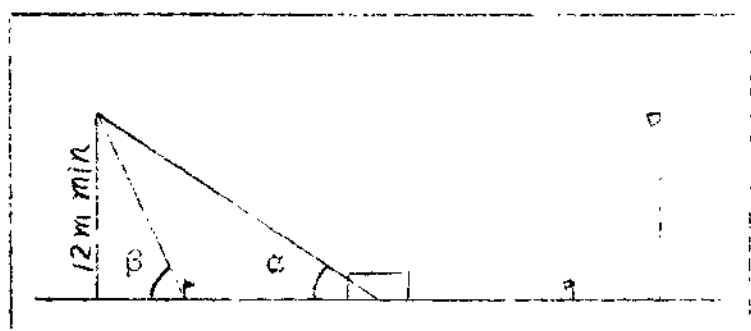
实际上，现场条件常常使塔位受到严格的限制，为了获得满意的解决办法，应该记住上面提到的各种因素。

4·1·2 泛光灯的安装位置——两侧照明

图3是这种照明系统的推荐安装部位，同样适用于把泛光灯安装成2组、3组或4组，或者安装成接近连续的光带。

场轴纵轴以上， $\alpha = 20^\circ$ 这一最小角度只应考虑用于训练场地及其它等级较低的照明装置。

α 角控制到 25° 比较合适，因为这一角度规定的泛光灯安装



$$\alpha = \min 20^\circ \text{ 最好是 } 25^\circ$$

$$\beta = \min 45^\circ \text{ max } 75^\circ$$

图3 有看台的体育场侧面照明系统的泛光灯安装高度。只有在允许增加光的地方，如练习场地，泛光灯到场地中心的最小角度可为 20° 。

高度会得到满意的光限制、较高的垂直照度。虽然这个角度再大一些会增加对光的限制，但会因此而降低垂直照度分量。灯桥或灯桥的造价也会迅速增加。况且看台顶部也未必会高到满足这样的角度的要求，即使它们的结构能支持住泛光灯设备的重量。

安装在边线附近的泛光灯的高度由 β 角规定。如果在边线上水平照度和垂直照度之间要满足适当的比例，这个角度就不能大于 70° 。如果看台顶部边缘影响达到这种角度，则可将泛光灯安装在顶部之下或采取其它的特殊措施。

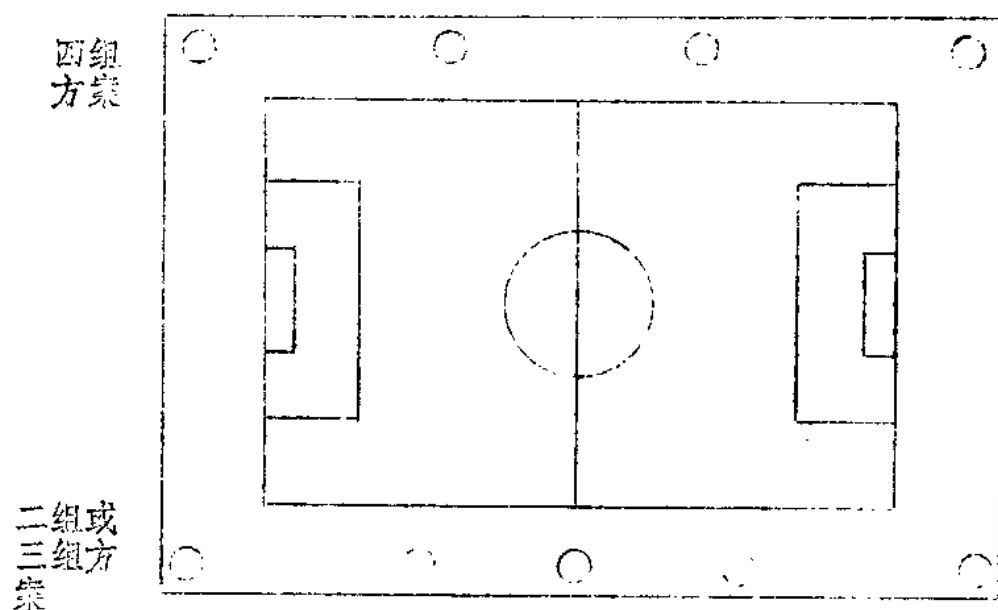


图4 体育场侧面照明装置布置方案。图中表示每边可以布置不同的灯组。

图4表示在比赛场地的两侧各安装三组或四组灯具的位置。若角若为 $75^{\circ} \sim 60^{\circ}$ ，四组灯具必然能保证满意的照度均匀度。若 β 是 $60^{\circ} \sim 45^{\circ}$ ，可以考虑每边采用3个灯杆。当 β 接近 45° 时，虽然满足了对 σ 的推荐值，但塔的高度变得类似于四塔系统的要求，事实上，在侧面照明中，每边2个塔可得到很好的效果。

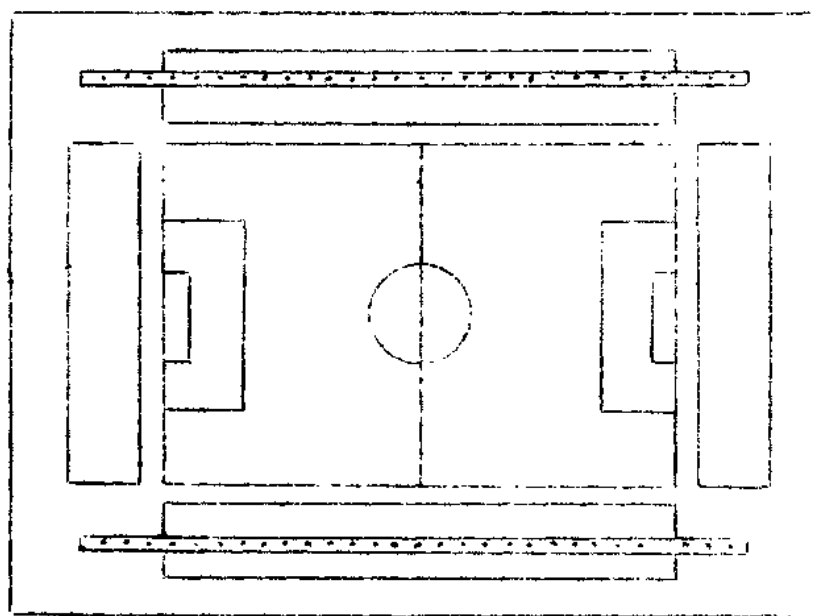


图5 布置成近于连续泛光灯带的体育
场侧面照明装置布置方案

图5表示近于连续泛光灯带的布置，并说明为了保证比赛场地端部的照度，如何将光带延伸到门线以外去。不能采用这种办法的地方必须把端部的灯安装在比较靠近光带中心的地方以扩大中部光带的宽度。

4.2 眩光控制

前面几节已经讨论过了泛光灯的安装高度和泛光灯在机场中的位置对眩光控制方式的影响。除此之外，还有其它一些因素。

对于每一个照明方案，泛光灯的流量在某种范围内是由预先规

定的照度确定的。在采用角塔系统的情况下。泛光灯组的数目少于侧面照明使用的数目，因此，它们进入运动员和观众视场的机会就比较少。另一方面，一个灯塔上许多泛光灯发出的光强合起来在比赛场地的任何一点都比侧面照明系统中每一组灯或接近连续光带中数目较少的泛光灯发出的光强小。经验表明，这两种系统之间是没有什么选择余地的。一般说来，选择什么系统，灯杆安装在什么地方这样的问题更多的是由费用或场地条件决定的，而不是出于照明方面的考虑。人们认为，对照明系统进行实际评价时，眩光与照度无关，因为，在所有其它因素都相同的情况下，当照度增加时，眼睛的适应水平也就提高了，对眩光的感受实际上是不受影响的。

还有三个影响眩光的因素是：

- 泛光灯的光强分布
- 泛光灯的瞄准方向
- 比赛场地周围的环境亮度

4·2·1 泛光照明的光强分布

无论采用角塔照明系统还是采用侧面照明系统，泛光灯都必须是窄光束，以便把光线投向与泛光灯位置相距最远的比赛区域，落在该地区的光强度应为峰值光强的 $1/10$ 。 $1/10$ 峰值光强与峰值光强的夹角不大于 12° 。在这一范围以外的泛光不能太强，以免引起眩光。

4 · 2 · 2 泛光灯的瞄准方向

为了满足4 · 2 · 1节中提出的要求,必须使泛光灯在整个使用期间精确地瞄准并保持其设计位置。就运动员而论,在大部分易受攻击的位置中,守门员为最。就眩光而论,对于观众来说,在场地侧面公共区前面的位置或者在球门后面的位置,观看条件都较差,在设计泛光灯的瞄准方向时,这些位置应该作为评价眩光控制效果的地区。

4 · 2 · 3 环境亮度

运动员和观众看到的泛光灯的表观亮度依赖于运动员和观众的眼睛从明亮的比赛场地移向泛光灯时所感觉到的亮度梯度。四周有看台、台阶或网栏,而其反射系数又比较适中的场地,只要看台、台阶或网栏这些部位的照度大致为场地平均照度的 $1/4$,眩光的影响就会大为降低。因此,重要的是,看台的颜色不能太暗,一个定向很好的泛光照明装置,对其光强控制若符合4 · 2 · 1节中规定的要求,其溢光就能产生这样的照度。

在没有看台或台阶的小场地上,环境亮度低是一个普遍存在的问题。然而已经发现,若在这种场地的周围围以较低的浅色网栏,就可以显著地提高泛光照明的视觉效能。

4 · 3 看台产生的阴影

在采用角塔照明系统时,重要的是看台不能挡光。图6表示如何预测看台顶部产生的阴影的位置。出现的阴影将是一条平行于平

宜的看台顶部前沿的线。在所有条件许可的地方，光源的位置都要选择得能够避免在运动区产生阴影，而在无法避免的那些场地则要求在阴影区有辅助投光灯。

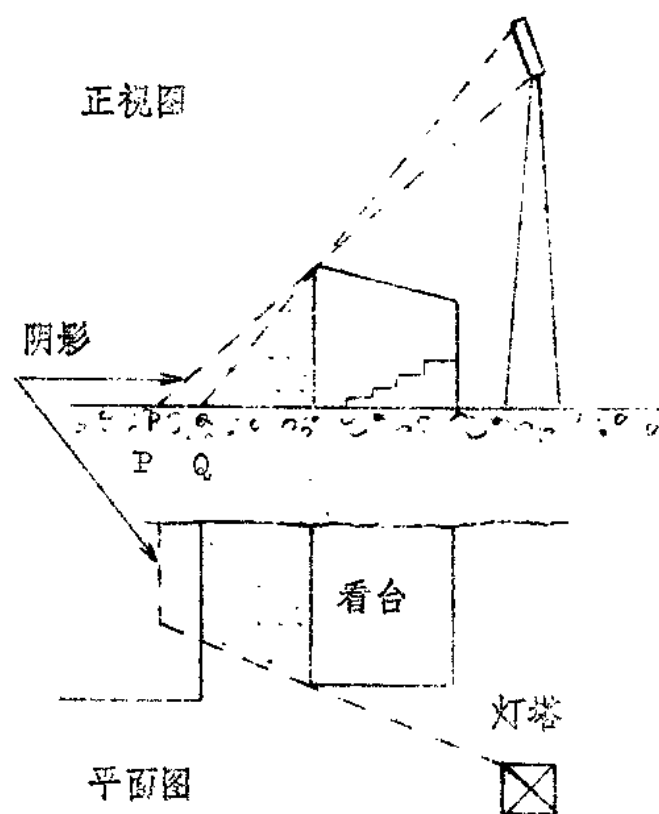


图6 阴影区的确定。部分挡光区在“P”点开始，完全挡光区在“Q”点开始。阴影区应该从“P”点算起。

4·4 非足球运动的场地

上面所讨论的照明技术一般用于大多数大型室外运动场地。不过这些推荐措施可用于周围有跑道而且四周有看台的露天体育场如图7所示。同样的原则对橄榄球——足球、曲棍球、长曲棍球场地、美国足球和澳大利亚足球场地以及显示马术表演的场地、军队夜间表演以及行列式表演都是适用的。

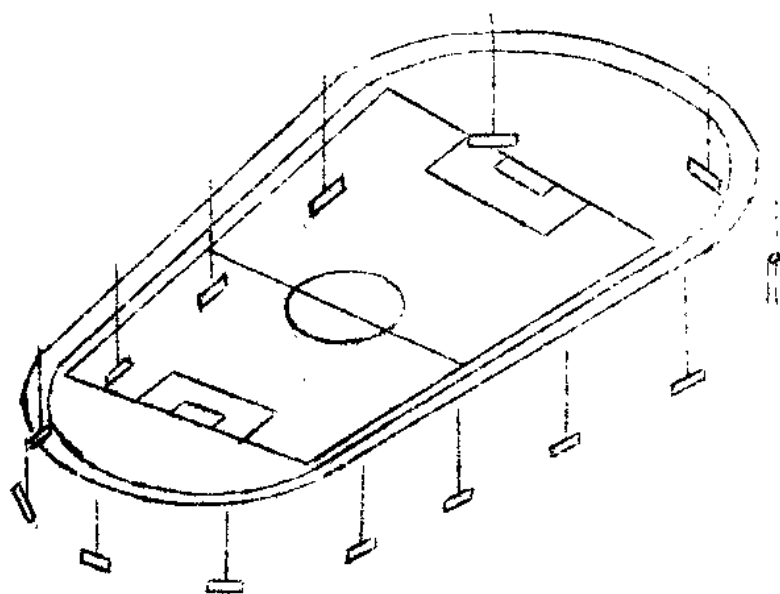


图7 用于体育场的延伸的侧面照明系统

5. 安装、运行和维护

5.1 安装和运行

泛光灯安装就绪并将其光束瞄准方向调节好之后，应把调好的位置作上记号。这样如果泛光灯一旦因维护或修理而被移动，就能很容易地调回到原来位置。因为其它体育活动而经常改变泛光灯的瞄准方向是不妥当的。经验表明，重新进行精确的定向，既浪费时间，费用也大。在这种情况下，比较合理的办法是安装两套能根据需要单独控制的照明系统。

灯杆及其基础应遵守有关的当地法规。并且未经许可的人不得接近。尽管如此，必须保证在没有危险的情况下检修灯具。

5.2 维护

应该定期清洗灯具。对已经不起作用或过于陈旧的灯泡、灯具或镇流器应单独替换以保证照度继续符合规范要求。结合清扫工作成组更换灯泡能减少换灯的人工费，减少因季节原因而使灯泡遭受意外损坏的机会。对于每个场地的照明装置，应根据当地条件规定可以接受时整个场地的最低平均照度，从而也将决定所要采取的维护措施。