

LED 光源在矿山照明中的应用探讨

矿山照明光源是矿山机械行业中的重要组成部分，老式的矿灯如白炽灯、荧光灯和高压钠灯等，不但耗电量大，而且灯泡寿命短，发光面积小，光照不均匀。尤其是老式矿灯多为热光源，使用不当会引起矿井瓦斯爆炸，严重危害矿山安全生产。一种节能、环保、无害、长寿命、低热、抗震、色纯度高的第 4 代新型光源半导体发光二极管 (Light Emitting Diode, LED) 光源应运而生，现在正逐步广泛应用于生活中，如景观灯、交通灯、汽车灯等，在矿山照明中也将有广泛的应用前景。

1. 1. LED 光源发光机理

发光二极管 (LED) 是一种注入电致发光器件，它是由 III-IV 族化合物，如砷化镓、磷化镓和磷砷化镓等半导体制成，其核心是 PN 结。它具有 PN 结的特性：正向导通，反向截止、击穿，此外，在一定条件下，它具有发光特性。PN 结处于平衡时，存在一定的势垒区，其能带见图 1。

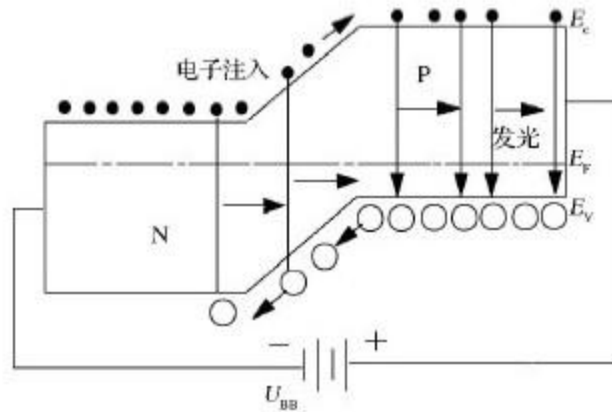


图 1 LED 发光原理

当在 PN 结的两端加正偏压时，PN 结区势垒降低，大量非平衡载流子从扩散 N 区注入到 P 区，并与 P 区向 N 区扩散的空穴不断地产生复合。复合的过程是电子从高能级跌落到低能级的过程，以光辐射的形式释放能量而发光。由于空穴的扩散速度远小于电子的扩散速度，发光主要发生在 P 区 [1]。

1. 2. LED 光源优点分析

LED 灯与老式矿灯比较，具有许多优点，主要有以下几点：

(1) 高节能 LED 光源属于一次光源，在发光的过程中，电能直接变为了光能，LED 灯作为新光源，在与普通白炽灯 (二次光源) 保持同样亮度情况下，其耗电量仅为普通白炽灯的 1/10，因此能耗小。

(2) 寿命长、响应快 LED 光源被称为长寿灯，使用寿命可达 5~10 万 h，比老式光源寿命长 10 倍以上。LED 发光的响应很快，它的响应时间为纳秒级，荧光灯为 0.1ms，日光灯一般为毫秒级。

(3) 环保 LED 光源光谱中没有紫外线，红外线，热量低和无频闪，属冷光源，可以安全触摸，不含铅、汞元素，是一种无污染的光源。

(4) 发光效率、发光亮度高 白炽灯、卤钨灯光效为 12~24lm/W，荧光灯为 50~70lm/W，钠灯为 90~140lm/W，大部分的耗电变成热量损耗。LED 光效经改良后将达到 150~200lm/W，而且其光的单色性好、光谱窄，无需过滤可直接发出有色可见光。

(5) 安全照明 LED 供电能够采用 24V 的低压线路，驱动简便，这为矿井提供了一个安全、稳定的供电环境。由于 LED 光源抗震性、密封性好，以及热辐射低，体积小，便于携带，可广泛应用于防爆、野外作业、矿山、军事行动等特殊工作场所或恶劣工作环境之中，如矿灯、防爆灯、应急灯、安全指标灯。

2、LED 光源在矿山照明中的应用

目前矿山照明主要分为工厂地面照明和矿山井下照明。工厂地面照明与日常生活中的照明光源相同。矿山井下照明可分为巷道照明、工作迎头面照明及其它工作点照明等。LED 光源的选用要根据不同环境和使用要求来选择[2, 3]。

2.1. 巷道照明

矿山巷道照明主要是为运输或人行通道提供照明。目前国内外广泛使用的巷道防爆灯具大多采用普通直管荧光灯管为光源，具有电能消耗大、灯泡寿命短及维修困难等缺点，而且如供电距离较远，电压损失尤为明显。采用 LED 光源不仅能耗低、节约能源，而且寿命很长，可以有效减少巷道灯具的维修。现在我国矿山已经开始推广应用 LED 光源的巷道防爆灯具，虽然初始阶段还存在一定问题，但随着 LED 光源技术的进步，其在巷道照明中的应用将越来越广。

2.2. 工作迎头面照明

现在采矿工作迎头面照明常采用的光源是小功率双管芯高压钠灯，虽然其寿命较长，但其光色性不是很好，使得整个工作面比较昏暗，容易导致事故的发生。近年来，随着大功率 LED 照明光源的迅速发展，其正逐步应用于采矿工作面照明。大功率 LED 路灯有别与常规高压钠灯光源，它采用低压直流供电，由 GaN 基功率型蓝光 LED 与黄色荧光粉合成的高效白光二极管，具有高效、安全、节能、环保、寿命长、响应速度快及显色指数高等独特优点。随着 LED 光源的技术进步，不久大功率 LED 光源在工作迎头面中照明将得到普遍应用。

2.3. 在矿灯中的应用

老式矿灯多为白炽灯，其电能消耗大、灯泡寿命短，矿井下拆换灯泡极易引起瓦斯事故。LED 光源照明技术用在矿灯上，优势明显，既得到了与老式矿灯相同的照度，而且消耗电量

不足白炽灯的 1/3，有打不烂、不漏气、不漏电的特性，而且寿命长。因此，LED 矿灯现正在广泛推广使用，逐步取代老式的矿灯。

此外，由于 LED 光源具有抗震性和抗冲击性，隔爆型 LED 光源灯具也在掘进机等机车上得到了应用，并取得了很好的效果，正逐步替代非 LED 光源的防爆机车灯具。随着 LED 光源技术的不断进步，其在矿山照明中的应用前景将更加广泛。

3、改善 LED 光源输出功率的方法

发光效率是照明光源最重要的参数，LED 的发光效率为发射光通量与输入的电能之比（单位为 lm/W）。要提高 LED 的发光效率，可以提高发射的光通量，即 LED 输出功率。而对于单个 LED 而言，输出功率很小，常采用 LED 点阵或者环状排列的方法取得大的功率输出，这样又造成体积过大、散热困难等缺点。为取得输出功率和 LED 数量之间取最优化的分配方案[4]，可采取以下措施。

3.1. 提高散热效率

LED 光源是冷光源，单个的 LED 发热很小，但对于 LED 点阵，由于 LED 数量多，排列密集，发热量不可忽视，如果没有良好的散热控制，LED 将不能正常工作，输出功率将大大降低。提高散热效率的方法有选用高热导率材料、提高散热面积及改进散热方式等[5]。

3.2. 增加反光(伞)罩

LED 发光角度很小，方向性强，但发散角较大，如面发光 LED，水平垂直发散角均为 120° 。采用增加反光(伞)罩的方法，尽可能地收集 LED 的后向、边缘等杂散光，减小光的损失，使输出功率得到最大限度的利用。

3.3. LED 准直光学系统设计

LED 阵列是一个发散的光源，为了减少光的损失，除增加反光(伞)罩外，可以利用一种新型照明系统 LED 准直光学系统设计，如图 2 所示。

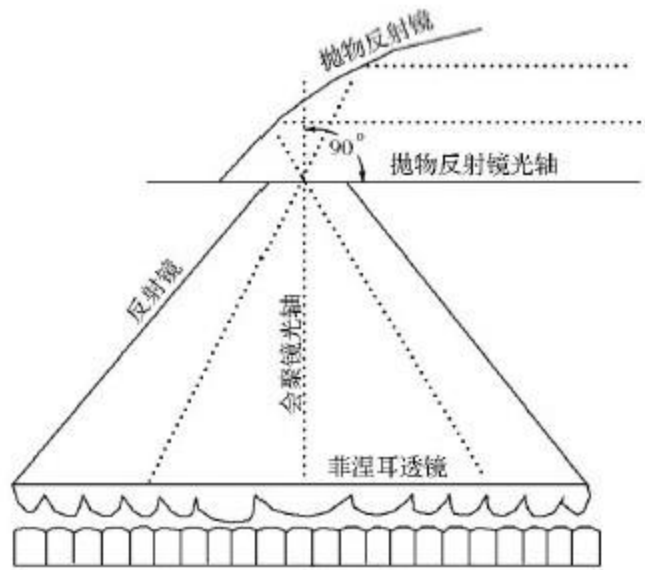


图 2 LED 阵列准直光学系统

该系统采用非成像光学方法，使 LED 阵列的光通量得到有效的汇聚，把光通量转换成一个高亮度汇聚光束，从而得到较小的发散面积，增加 LED 输出功率。

4、LED 光源与太阳能

LED 是第 4 代新型太阳能照明光源，太阳能是一种不可枯竭、绝对干净、不受资源分布地域限制且可在用电处就近发电、能源质量高等优点的新能源。太阳能 LED 光源是新一代能源和新一代光源的完美结合，其完美结合的关键在于两者同为直流电，LED 光源照明的工作电压非常低，容易与太阳能电池匹配。两者的结合不需要变频器将太阳能(PV)电池产生的直流电转化为交流电，因此大大提高了整个照明系统的效率，同时借助于并网技术或可充放蓄电池。其工作过程是利用太阳能电池将太阳能转换成电能，再用 LED 照明装置将电能转换为光能[1]。

以太阳能电池为能源的 LED 光源在 21 世纪必将高速发展起来，LED 光源与太阳能匹配也将为矿山照明提供新的发展方向。

5、结语

近年来我国 LED 光源快速进入主流照明体系，在矿山中也逐步得到应用。虽然在矿山照明中普及应用仍存在一些技术性问题，如光通量有待提高，LED 发出的光与自然光仍有一定的差距；产品的一致性、可靠性有待提高；大功率 LED 散热问题有待进一步解决。但是 LED 光源技术必将日趋成熟，一些技术难点也会逐步解决，特别是在全球能源短缺的背景下，以 LED 光源与太阳能结合的市场前景非常巨大。LED 光源在照明市场的应用前景将是海量的，必将成为 21 世纪的主导光源，为矿山照明贡献自己的力量。

参考文献

- [1] 王庆有. 光电技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2008.
- [2] 纵建民, 许 中. 新型光源在煤矿井下的应用[J]. 煤矿机械, 2006, 27(2): 9-10.
- [3] 刘进乾. 人体红外线感应开关在矿山井下照明中的应用[J]. 矿山机械, 2007, 35(5): 143.
- [4] 胡豪成, 赖爱光. 近红外 LED 远距离照明讨论[J]. 福光技术, 2004, 27(2): 5-8.
- [5] 王 静, 吴福根. 改善大功率 LED 散热的关键问题[J]. 电子设计工程, 2009, 17(4): 123-125.

作者: 谢锋云

OFweek 半导体照明网