

## LED 照明指标与产品性价比评估深度分析

与传统光源相比，LED 照明产品是基于半导体固态照明（SSL）方式，LED 照明产品的许多参数与其他光源不同，需要正确的正确掌握才能很好的应用。

### 一、光效与光通量

传统光源的发光效率与光通量变化不大，如荧光灯类，如果光源功率确定，其发光效与流明不会有太多的变化，而 LED 光源就不同了。

如 5730 封装的灯珠光通量是 50 流明，当电流给定 150mA。

$V_f=3.0-3.2v$ ，LED 的功率是 0.45-0.48 瓦，发光效是 111.11-104.17lm/w。

$V_f=3.3-3.5v$ ，LED 的功率是 0.495-0.525 瓦，发光效是 101.01-95.24lm/w。

可以看出，同样的驱动电流下，由于 LED 的结电压不同，灯珠的发光效率偏差很大，高流明并不意味是高光效。对于 LED 照明产品，高光效才是主要的指标，驱动电流与光效的关系曲线如图：

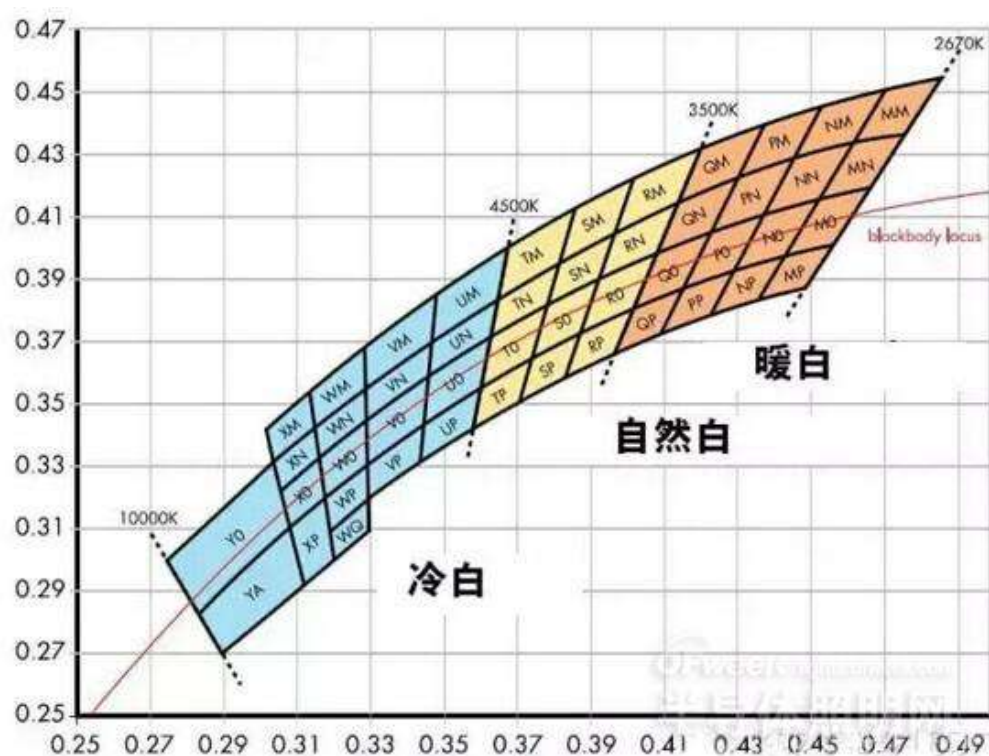


从图中可以看出，LED 光源产品的发光效率是个可以调控的指标，通过控制驱动电流，不但可以控制发光效率，还可以控制光通量与灯具散热指标。（注：图中曲线不光滑的部分是测试过程中气流扰动影响热平衡导致的光通量变化引起，不影响趋势方向）

## 二、色温与布朗克曲线

白炽灯、节能灯的色温在批量产品中一致性较好，LED 由于其制造工艺特点，每批次封装的产品色温偏差很大，而且 LED 光源的色温是采用相关色温（CCT）表示，这就意味着会产生色空间均匀度（ $\Delta uv$ ）的问题，这是 LED 作为光源的一个缺点；

色温的不一致性一直困扰着追求高品质的 LED 照明产品的制造企业，色温问题还表现为色温值测试数值相同，但光色不同，这个称为同温异色，还有视觉的光色 相同但测试的色温值不同，这个称之为同色异温，色温越低，同温异色与同色异温越严重，可以从下面 CIE1931 色度图看出这个问题。



如同样是 3400K 的 QM 与 QP 的光色会相差很大，这个色差是可以用人眼分辨出来的，而 QO 与 PO 的光色视觉相差会低于前者，准确的方法是采用光谱分析确定 LED 色坐标，再根据已设定的麦克亚当椭圆的阶数，运用混光技术与控制  $\Delta uv$  范围来保证产品的色温一致性，有条件的企业可以确定本企业的订货色温范围 规则来避免出现同温异色；

色差问题是 LED 光源的一个技术控制能力问题，解决同温异色问题可以采用配色，配色需要有专业的技术进行计算，如果灯具是有扩散罩，色温控制会容易些，当产品色温要求严格时，COB 封装也是一个好选择。

当 LED 光源遇到了 CIE1931 表示光色均匀度时，在这个扭曲的空间里会让许多人困惑，到不如使用 CIE1960，那里是个色度均匀的空间，正真令人困惑的是在价格体系下，什么色度空间都会被扭曲，这些只是写给想要做有品质产品的人。

### 三、显色性与标准

采用显色指数 (CRI) 去衡量 LED 的显色性一直存在争议, 这是因为显色指数 (CRI) 40 年来一直用来比较荧光灯和 HID 灯, 通过大量的视觉实验, 研究认为荧光粉封装的白光 LED 不适用该指数, 内在原因是 CRI 指数值与视觉效果之间没有多大的内在联系, 照明信息委员会 (CIE) 也在寻找新的测试方法;

但是, 我们目前只能遵循现行标准规范, 对于高色温的 LED 光源, 当色坐标靠近布朗克曲线时, 平均显色指数 Ra70 并不意味其显色效果比其他色坐标的 Ra80 差, LED 显色性的科学评估是个复杂的技术问题, 在此不做过多的论述, 对于 LED 照明产品生产者与经营者, 过分注重 Ra>80 的产品概念会导致产品成本的上升与光效的下降。

下图的高显色性效果是用显色指数 Ra71 的普通白光 LED, 通过配光设计后的色还原效果。



在这里需要明确的是, 用视觉判断显色性比用 Ra 指标构建产品的成本更低, 对光效影响小, 但评估还是需要现行标准, 这个标准的可靠点是在相同 CCT 值的产品间进行比较 CRI。

### 四、产品的一致性问题

LED 照明产品的一致性主要包括以下几个方面:

#### 1) 功率的一致性

恒流驱动下, 灯点亮后功率是随着点亮时间增长而降低, 这个现象是正常的, 对于恒流精度偏差大的驱动, 功率值会随输入电压的变化而变动。功率的不一致, 并不意味品质有问题。

#### 2) 色温的一致性

这个不一致性只要人眼识别可以通过就可以, 毕竟 LED 照明产品的色温控制一直是个问题, 低价产品这个问题会很严重。

### 3) 光效的一致性

光效的一致性问题会导致光通量的差别，高品质的产品会控制的很好，但光效的一致性还不能判断是劣质产品，高光效并不意味着高流明，往往高光效产品的功率也偏低，光效是衡量节能效果的主要指标，对于 LED 光源光效是首先关注的指标。

与传统光源相比，LED 产品的一致性不会太好，毕竟 LED 光源是有多个点光源集合而成，制造工艺的闸流体效应会一直存在。

## 五、 温度与寿命

传统光源对温度不敏感，而 LED 光源是个与温度共命运的产品，产品的环境温度与工作温度直接决定产品的寿命，通常，半导体器件都与温度相关，从这个角度来讲，驱动电源的寿命也由温度决定，所以，LED 照明产品的寿命是取决于温度的控制。

这个温度包含两个方面，一个是工作环境的温度，环境温度越高，产品寿命越低，另一个是照明产品本身的散热能力，散热能力越好，产品寿命越长，不过，把一个散热能力高的产品放在环境温度高的地方，产品寿命也一样低，LED 照明光源的温度与寿命问题是半导体固态光源的固有问题。

## 六、 灯具效率的体现技术与品质

灯具效率是国际通用的照明产品的重要指标，是衡量照明产品品质的主要参数。

灯具效率是表示光源的光通量被灯具损耗的大小，灯具损耗的光通量越少，灯具效率越高，不同的灯具其灯具效率是不同的，灯具效率通常在 50%-90% 之间，把一个光通量为 1000 流明的光源放入灯具效率为 50% 的灯具里，只有 500 流明的光输出，灯具效率为 50% 的 10W 照明产品，其照明效果仅相当于灯具效率 90% 的 6W 产品；

灯具效率会把 LED 光源的高光效降低到与节能灯光效相同水准里，灯具效率是由灯具结构设计决定的，灯具结构设计包括灯具根据配光要求进行的光学设计与结构散热设计；

目前大多数照明灯具都没有标注灯具效率，这如何体现 LED 照明真的比其他照明节能呢？

## 七、 LED 照明产品的科学测试是评判标准

LED 照明产品是多学科技术的融合，有很强的技术特征和知识含量，准确快速的评估产品品质与性价比，需要采用测试的手段，需要依靠专业的光电测试仪器来完成品质判定，一般光学测试仪器都很贵，需要专业的测试人员读懂测

试指标，这个问题可以通过第 3 方测试报告来检验产品性能与提供评测，淘宝网有专业的 LED 产品测试网店。

## 八、LED 照明产品的性价比评估方法

把握 LED 照明产品的性价比是营销有技术含量产品的关键，通常，LED 照明产品的性价比评估可以通过下面的方法计算。

### 1) 每瓦价格

每瓦价格 (DW) = LED 照明产品售价 / 产品的有功功率 (单位: 元/w)

每瓦价格越低，表示购买到的功率便宜，这个每瓦价格可以横向对比同行同类产品，你的每瓦价格高于同类产品，你需要重新审核定价机制，单纯的每瓦价格还不能完全说明产品的性价比，真实的每瓦价格建立在实际测量功率的准确性。

### 2) 每流明价格

每流明价格 (DL) = LED 照明产品售价 / 产品的输出光通量 (单位: 元/LM)

每流明的价格越低，说明购买到的光通量的价格越低，这个指标可以横向对比同行同类产品，单纯的每流明价格也不能完全说明产品的性价比，真实的每流明价格建立在实际光通量测试数据的基础上。

### 3) 质保期 (WP)

质量保证期用月数表示，如质保期是 2 年，WP=24，质保期超过 3 年或者是终身质保，WP=36，也就是 WP=1-36 之间；

在全天候工作下 WP 大于 36 或许是个没有意义的期望，质保期的作用应该与标注产品可靠度相关才变得有意义，否则也是自欺欺人。

### 4) 产品可靠度是品质的指标

可靠度 R (t)：它是照明产品在正常使用条件下和在质量保质期 (WP) 内产品的失效概率，可靠度的表示方法：R(t) @ WP。

一批产品的数量为 N，从 t = 0 时开始使用，随着时间的推移，失效的产品件数 n(t) 逐渐增加，而正常工作的产品件数 N- n(t) 逐渐减少。

产品在任意时刻 t 的可靠度：

$$R(t) = \frac{N - n(t)}{N}$$



其中：

N：试验样品总数，

n(t)：到 t 时刻样品失效的总数，

t 可靠度采样时间，采用 WP，

由上式可看出  $0 \leq R(t) \leq 1$ ，因此 R(t) 越接近于 1，产品的可靠度越高。

产品可靠度一般需要计算 WP=12，WP=24，WP=36，这样有助于分析产品质量原因。

当可靠度低于 0.97，就应该考虑经营风险了，以免被授予“跑跑”后缀。

### 5) 产品外观工艺、款式、包装的加权

这个加权对于产品营销经验丰富的人来说，是有很大的意义的，不同的人在这个方面的加权是不同的，这个加权是体现行业与市场的深入了解与洞察力，这个加权是额外指标，也可以不在性价比的列表中，对于相同款式的产品，这个加权无意义。

把上面的分析指标进行列表，就得到产品性价比的评估表：

评估指标	A 厂产品	B 厂产品	C 厂产品	D 厂产品
DW (元/W)				
DL (元/LM)				
R (t) @ WP				

这个表可以应用到产品营销和产品制造，效果很好。

通过以上方法的综合评估，基本上可以把握照明产品的性价比，产品的性价比可以帮助经营者在产品与客户之间实现产品价格的良好沟通，达到对产品价值的认同。