

LED 光源与 LED 灯具效能的区别

LED 进入新市场，应用领域日益扩展，已广泛用于交通信号灯、显示屏、景观照明和装饰照明等，在背光领域市场占有率也逐步提高，许多以前从事传统光源生产的企业也纷纷上马 LED 项目，产业投资持续升温，光效纪录屡次被刷新。日前美国 Cree 公司宣布，其白光功率 LED 光效再度突破行业最高纪录，实验室参数已达到 231 lm/W，与 2006 年 6 月日本日亚化学宣布的白色 LED 的 100 lm/W 相比，光效提高了一倍多，相信随着技术的进步，该纪录还会被打破。

随着光效概念也被用于 LED 灯具，很多 LED 灯具也加入到了光效竞赛的洪流中，生产企业正在忽视 LED 光源与 LED 灯具的产品功能的差异，仅以光效作为灯具性能的标杆，单纯追求高光效指标，忽视其 LED 灯具作为一个系统应该满足的可靠性、色质量和视觉舒适性等特性，造成目前国内 LED 照明灯具市场追逐光效之风盛行，市政工程及半导体照明试点示范工程中使用的所谓的“高光效 LED 灯具”往往达不到其预期节能减排的目的的使用效果，造成较大的负面效应。

针对目前照明市场的情况，本文阐述了 LED 光源与 LED 灯具效能的不同。揭示了追逐光效之风从 LED 光源蔓延 LED 灯具的原因。强调了 LED 灯具产品的灯具效能应注意与其他的性能要求的协调一致，灯具效能应建立在满足 LED 灯具各项性能基础上。

一、光效是光源产品的经典性能指标

就光源而言，光效是一个经典指标，每一种新光源的出现都直接与其达到的更高的光效有关，这样，光效也毫无例外地成为了 LED 光

源的性能的重要指标。当然，光源的其他性能指标还包括显色指数、色品坐标、色温和寿命等等。

对使用传统光源的灯具，灯具的出光率，即灯具转换光源光通量的能力，是灯具性能的经典指标。由于 LED 光源的性能参数尚未达到标准化的程度，而且很多灯具使用的 LED 光源不可替换，所以，光效的概念也被沿用到了 LED 灯具产品。

二、LED 灯具效能有别于 LED 光源光效

当 LED 光源和 LED 灯具都使用光效作为性能评价指标时，我们首先以分析两者的内涵和差异入手来了解 LED 灯具的性能，并使用正确的术语来评价 LED 光源的光效和 LED 灯具的效能。

1、LED 光源光效和 LED 灯具效能的概念

LED 光源光效(luminous efficacy of a source)定义是光源发出的光通量与其所消耗的电功率之比。

LED 灯具效能(luminaire efficacy)定义是指在灯具的声称使用条件下，灯具发出的初始总光通量与其所消耗的功率之比，单位为 lm/W。

“光效”用于评价 LED 光源，“效能”用于评价 LED 灯具，LED 光源光效与 LED 灯具效能都表示电能转化为光能的效率，是描述照明产品节能特性的指标，但其内涵是不同的。

2、不同的光通量

LED 光源光效中的光源光通量是指裸光源(还未装入灯具的状态)发出的光通量。其中 LED 光源可以是一体化 LED 灯或一体化 LED 模块、

半一体化 LED 灯或半一体化 LED 模块或非一体化 LED 灯或非一体化 LED 模块。

LED 灯具效能中的分子光通量是指光源装入灯具、同时使用所需的 LED 控制装置或 LED 控制装置的电源后，灯具发出的光通量。其中 LED 控制装置或 LED 控制装置的电源可以是整体式、内装式或独立式的。使用 LED 光源的灯具可能使用反射器、扩散板。

装入灯具的光源可能是单个光源或多个光源的集合，但由于热能、电能的相互作用造成的效率损失，以及灯具光学系统的效率，LED 灯具的光通量的并不等于 LED 光源光通量或其简单累加。

LED 光源光效中的光通量与灯具效能中的光通量的测量状态不同，前者是在脉冲状态测得，后者是在稳态下测得。

LED 光源光效中的光是无所指向性的，只要光能发出来，东南西北无所谓的。而 LED 灯具效能中的光是有所指向性的，光需要发到有用的区域。

在使用相同 LED 光源的情况下，LED 灯具的光通量小于 LED 光源的光通量。

3、不同的输入功率

LED 光源光效中的分母与 LED 灯具效能中的分母也不相同。例如，对于非一体化 LED 模块，LED 光源所消耗的电功率的仅是指 LED 模块所消耗的功率，不包括 LED 控制装置消耗的功率。LED 灯具效能中的消耗的电功率是指灯具的输入功率，不仅包括 LED 光源，还包括 LED 控制装置所消耗的功率。LED 灯具消耗的电功率大于 LED 光源消耗的

电功率。

4、LED 灯具效能与 LED 光源光效的关系

由于所涉及光通量和电功率的范围不同,造成 LED 光源光效不同于 LED 灯具效能,光源光效远大于灯具效能。其一因为 LED 进入灯具后,结温升高,光输出减少(热损失);其二因为光源进入灯具、并使用 LED 控制装置或其电源后存在的系统损耗;其三是光线经过灯具光学系统后的损失,即灯具效率(光损失)。

灯具效能=光源光效×(1-进入灯具后的热损失)%×(1-系统损耗)×(1-进入灯具后的光损失)%

从上面的分析可以看出,光源光效与灯具效能是完全不同的,不能混为一谈。

三、LED 光源开展光效竞赛,追逐光效之风从 LED 光源蔓延 LED 灯具

随着 LED 光效纪录被不断刷新,正在蔓延的 LED 灯具光效竞赛存在以下误区:

1、仅提光效,不提色温和显色指数

应指出在多少色温 CCT 和在多少显色指数 Ra 下的光效,同样的光效,低色温比高色温难度显然大得多。

美国能源之星对固态照明室内灯具的相关色温的要求:应是下列标称的相关色温(CCT)的一种:2700K、3000K、3500K、4000K、5000K(仅限于商用)。能源之星对固态照明室内灯具:5700K、6500K 色温是不允许的。

2、仅提光效，不提照明舒适性

当光效竞赛的风从光源刮到灯具时，盲目追求灯具效能的另一个现象该加的防眩光的扩散板省掉了，忽略了灯具的舒适性，没有考虑眩光控制。

3、仅提光效，不谈可靠性

为了盲目追求灯具效能，室外灯具该加的防护罩省掉了，使不该暴露的部件暴露，忽视了 LED 灯具的可靠性。

四、LED 灯具标记普遍存在功率低标、光通量高标的现象

由于与效能相关，我们关注了 276 个 LED 筒灯产品上标记的输入功率和额定光通量与实测值的偏离情况，发现功率低标、光通量高标的现象普遍存在，这种偏离将导致产品“光效”虚高，推高 LED 灯具效能的实际水平。

1、功率低标、光通量高标的情况

LED 灯具的输入功率是产品效能计算公式中的分母，相同光通量时较低的输入功率表明产品的效能较高，降低产品的输入功率就能提高产品的效能。在标记产品特性时，就可能存在功率尽量低标的现象。

通过实际测量可以得到 LED 灯具的输入功率，并利用公式(1)计算其占灯具标记的输入功率的百分比数值，我们可以得到实测功率与标称输入功率的偏差 ηP 。

$$\eta P = (\text{实测功率} / \text{标称功率}) * 100\% \quad (1)$$

计算结果的意义：

- $\eta P = 100\%$ ，实测功率与标称值□

致，标称值没有偏离。

- $\eta P < 100\%$ ，实测功率小于标称值，标称值偏高。

- $\eta P > 100\%$ ，实测功率大于标称值，标称值偏低。

输入功率标称值偏低将使计算的 LED 筒灯效能偏高。

为了直观的了解整个样本的分布情况，我们将测得的 276 个灯具数据用散点图直观的进行表示，见图 1。

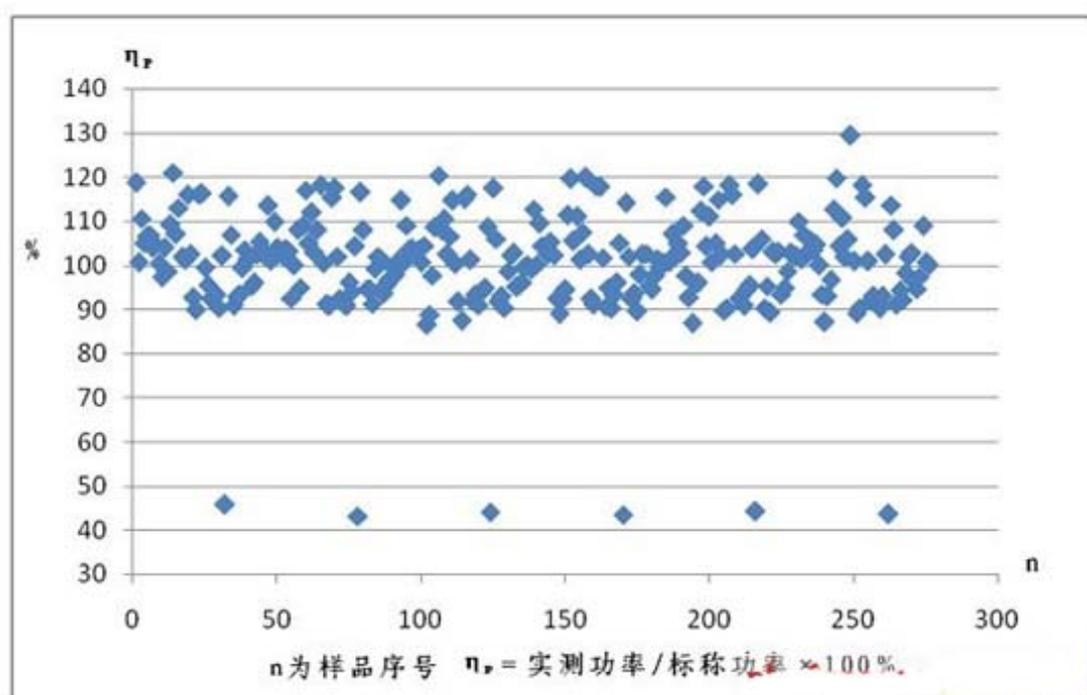


图 1 实测功率与标称功率偏差(%)的散点图

由图 1 可以看出，数据主要分布在 90%到 120%的区间内。如果规定实际功率与额定功率允许的偏差限值时，偏差合格率的相应数据见表 1。

$\eta_P = \text{实际功率} / \text{额定功率} * 100\%$			
限值(%)	合格数	总数	合格百分比%
$\eta_P < 90$	17	276	6.16
$90 \leq \eta_P < 100$	97	276	35.14
$\eta_P < 100$	114	276	41.3
$\eta_P = 100$	2	276	0.72
$\eta_P > 100$	160	276	57.98
$100 < \eta_P < 110$	114	276	41.3
$90 \leq \eta_P < 110$	213	276	77.17
$110 \leq \eta_P < 120$	43	276	15.58
$\eta_P \geq 120$	3	276	1.08

表 1 规定不同偏差限值时的合格率数据

分析表 1 可以看出：

表 1 中， $\eta_P < 100\%$ ，即实测功率小于标称功率的样品为 114 个， $\eta_P = 100\%$ ，即实测功率等于标称功率的样品为 2 个，而 $\eta_P > 100\%$ ，即实测功率大于标称功率、标称功率低标的样品 160 个，占总数的 57.98%，说明目前市场上大量存在功率低标、误导消费者的现象。

如果允许 10% 的功率低标，即根据公式(1)计算的偏差 $\leq 110\%$ 为偏差限值时，46 个灯具将超出允许的偏差，在 276 组灯具中，不合格率为 16.7%。

2、光通量

LED 灯具的光通量是产品效能计算公式中的分子，相同输入功率时较高的光通量表明产品的效能较高，升高产品的光通量就能提高产品的效能。在标记产品特性时，就可能存在光通量尽量高标的现象。

通过实际测量可以得到 LED 灯具的光通量，并利用公式(2)计算其占灯具标记的额定光通量的百分比数值，我们可以得到实测光通量

与额定光通量的偏差 η_L , 如公式 2 所示:

$$\eta_L = (\text{实测光通量} / \text{额定光通量}) * 100\% \quad (2)$$

计算结果的意义:

- $\eta_L = 100\%$, 实测光通量与标称值一致, 标称值没有偏离。
- $\eta_L < 100\%$, 实测光通量小于标称值, 标称值偏高。
- $\eta_L > 100\%$, 实测光通量大于标称值, 标称值偏低。

额定光通量标称值偏高将使计算的 LED 灯具效能偏高。

为了直观的了解整个样本的分布情况, 我们将测得的 276 个灯具数据用散点图直观的进行表示, 见图 1。

光通量是考核 LED 筒灯性能的重要指标, 额定光通量越高, 说明相同功率下可以获得更高的光通量。有些厂家为了更好的卖出产品, 会高标额定光通量。为了直观的了解整个样本的分布情况, 图 2 给出了实测光通量与额定光通量的百分比散点图。

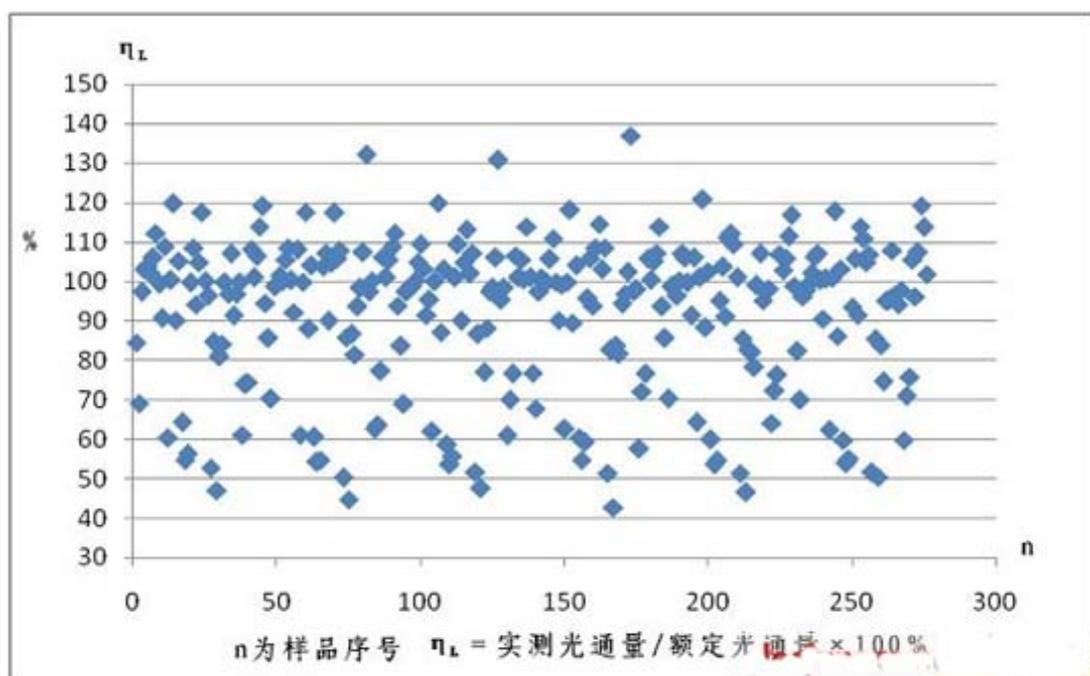


图 2 实测光通量与标称光通量之比的散点图

由图 2 可以看出，数据占据了从 40%到 140%范围，比较分散，说明实际测量得到的光通量与额定光通量的偏差较大。

如果规定实际光通量与额定光通量允许的偏差限值时，偏差合格率的相应数据见表 2。

$\eta_L = \text{实际值} / \text{额定值} * 100\%$			
限值(%)	合格数	总数	合格百分比%
$\eta_L < 50$	5	276	1.81
$50 \leq \eta_L < 60$	24	276	8.70
$60 \leq \eta_L < 70$	18	276	6.52
$70 \leq \eta_L < 80$	17	276	6.15

表 2 不同偏差限值时初始光通量的合格数据

分析表 2 可以看到：

如果允许高标 10%光通量，即根据公式(2)计算的偏差 $\geq 90\%$ 为偏差限值时，91 个是落在 $<90\%$ 的区间内的，超出了允许的偏差，在 276 组灯具中，不合格率为 33.0%。

表 2 中， $\eta_L < 100\%$ ，即实测光通量小于标称光通量的样品为 160 个，占总数的 57.97%。说明 LED 筒灯的实际测量的光通量大部分都小于标称的额定光通量，目前市场上的 LED 筒灯存在高标额定光通量的现象，这样会造成对消费者的误导，造成市场的混乱。

3、LED 筒灯实际的效能水平

以实测的 LED 筒灯“效能”为例，图 1 给出了经实测后计算的 276 个筒灯效能的散点图。由图 3 可以看出，大部分数据集中分布在 30 到 80 的区间内，大于 80 的寥寥无几。

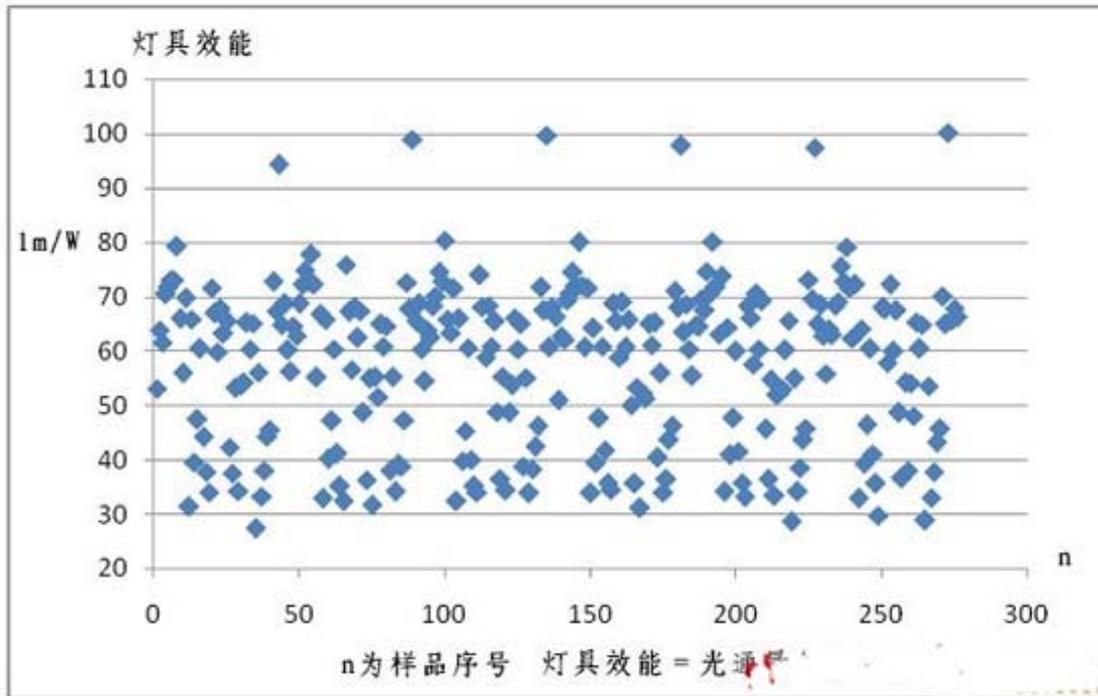


图 3 实测效能的散点图

“效能”是LED灯具的节能评价参数，表 3 给出了不同效能(LE)限值下的合格率。

$\eta_L = \text{实际值} / \text{额定值} * 100\%$			
限值(%)	合格数	总数	合格百分比%
$\eta_L < 80$	64	276	23.19
$80 \leq \eta_L < 90$	27	276	9.78
$\eta_L < 90$	91	276	32.97
$90 \leq \eta_L < 100$	69	276	25.00
$\eta_L < 100$	160	276	57.97
$\eta_L = 100$	1	276	0.36
$\eta_L > 100$	115	276	41.67
$100 < \eta_L < 110$	87	276	31.52
$90 \leq \eta_L < 110$	157	276	56.88
$110 \leq \eta_L < 120$	24	276	8.70
$90 \leq \eta_L < 120$	181	276	65.58
$\eta_L \geq 120$	4	276	1.44

表 3 实测效能在不同限值下的合格率

表 3 可以看出,随着效能限值的提高,达到要求的产品比例越来越低。当效能限值为 60 时,达到要求的样品占样品总数的 55.43%;而当效能限值为 80 时,达到要求的样品仅占样品总数的 3.26%。

如果按照 80%的产品合格的要求,那么目前效能的水平只在 40lm/W 左右,这显然与 LED 照明产品所声称的节能高效的特点有差距,LED 筒灯的实际测量“效能”并没有像制造商宣传的那样高。

灯具效能是性能要求之一,它受到其他性能要求的制约,如眩光控制(使用时环境亮度的舒适性)、可靠性、IP 防护等级等。

我们不能因为盲目追求高“光效”而忽视照明的舒适性和可靠性,当综合考虑影响使用的其他参数,如光的颜色、显色性、照明舒适性和产品可靠性等参数时,灯具的效能还会有所降低。

以光效为 80 lm/W 的非一体化 LED 模块光效为例,进入灯具后的热损失 25%,光损失 20%,系统损失 15%,则 LED 筒灯的效能= $80 \text{ lm/W} \times 75\% \times 80\% \times 85\% = 40.8 \text{ lm/W}$ (示意图见图 4)。



图 4 LED 筒灯的效能与 LED 光源光效示意图

4. 到达能源之星合格标准的产品效能

能源之星对民用或商用固态照明筒灯的灯具效能的要求: 42 lm/W。某一通过美国能源之星的 LED 筒灯效能、保护角、相关色温(CCT)

和显色指数(CRI)的举例如表4所示。

筒灯型号	CRI	CCT (K)	保护角 (°)	担保寿命 (年)	输入功率 (W)	输出光通量 (lm)	筒灯效能 (lm/W)
LR4E-15	90	2700 或 3500	15	5	10.5	540	51.4
LR4E-30	90	2700 或 3500	30	5	11.1	515	46.4

表4 美国LED筒灯效能、保护角、CCT和CRI举例

五、探究追逐光效的原因

追逐光效之风从LED光源蔓延LED灯具的原因如下：

一直以来，误将LED筒灯、LED路灯视作为LED光源，制订的技术要求或规范与LED模块的性能要求大同小异。这主要是将LED灯具性能混同于LED灯造成的。

在一般情况下，“灯”是指光源，各种类型的灯均以发光的物理原理来命名，如白炽灯、高压钠灯、金属卤化物灯、荧光灯、紫外灯、场致发光灯、卤钨灯等等，灯的命名和分类与应用的场所及用于何种灯具无关。“灯具”则是指照明器，它包括点亮光源所需的附件和电路、使光源发出的光重新分配以满足应用需求的光学部件，以及灯具安装、固定、调节所需部件的总成，灯具的分类及命名与其安装方式或设计使用的场所或目的有关，如固定式吸顶灯具、可移式台式灯具、可移式落地灯具、道路照明灯具、隧道照明灯具、庭院灯具、泛光灯具和应急照明灯具，等等。

“灯”这个术语有时也用于某些类型的照明器，也许是由于习惯的关系，很多人把“道路照明灯具”称作“路灯”，把“天花板表面

安装灯具”称作“吸顶灯”，但这里的路灯、吸顶灯并不是指光源，而是指道路照明灯具和天花板表面安装的灯具。同样的，还有把“嵌入式或固定式筒灯灯具”称作“筒灯”，把“可移式台式灯具”称作“台灯”，把“可移式落地灯具”称作“落地灯”，把“可移式手提灯具”称作“手提灯”。

大家已经习惯拿起一个 LED 灯具时，会问“光效”多少？仿佛“光效”是唯一的指标。拿“光效”作为 LED 灯具的营销是不全面的，其本质是误将其视作为 LED 光源，有偷换概念之嫌。

六、我国 LED 灯具产品性能指标的标准化正在步入正轨

国际上，IEC TC34 已经明确这些 LED 灯具纳入灯具产品的标准范畴。应该说国家开始在扭转这种导向。全国照明电器标准化技术委员会近期将《LED 筒灯性能要求》与《LED 筒灯性能要求测量方法》2 个国家标准由全国照明电器标准化技术委员会灯具分技术委员会归口，是一个良好的开端，有利于与国际接轨，有利于 LED 灯具的制造企业少走弯路。

同时。LED 筒灯的灯具效能应注意与其他的性能要求的协调一致。

LED 筒灯的灯具效能仅是诸多性能要求之一，应该注意全面发展，应符合全部的关于筒灯的性能要求，它包括光度、眩光控制、色度、结构、热试验、可靠性、低温、电性能、分类。

七、总结

LED 光效与 LED 灯具效能是不同的，不能混为一谈。LED 光效作为光源指标可能是比较单一的，但 LED 灯具效能是诸多性能要求之

一，受其他性能要求的制约，各项性能指标应协调一致，不能片面追逐 LED 灯具效能一个指标，不应以牺牲照明环境舒适性、可靠性等指标为前提。