

LED 路灯色温的思考与选择

深圳市灯光环境管理中心 吴春海（深圳，518033）

摘要：LED 路灯大规模推广在即，色温（光色）成为业界关注的焦点。通过分析色温的生理和心理属性，并结合白光推广案例，探讨色温与亮（照）度、舒适感的关系。在深圳 LED 路灯测试有关数据的基础上，探讨契合目前 LED 路灯技术水平的色温区间。

关键词：LED 路灯 色温 属性 区间

从照明角度看待 LED 路灯，主要有光效、配光、光衰、色温（光色）等四大问题。近年来，LED 路灯技术日新月异，光学性能提高很快。从我们近期组织的 LED 路灯测试结果来看，27 款 LED 路灯中已有 6 款的整灯光效超过 70Lm/W，最高达 81.5Lm/W；配光水平大为提高，照度均匀度相比高压钠灯已有优势；光衰问题明显改善，相比其它光源并不逊色。

在此背景下，色温问题开始浮出水面，成为近期业界关注的焦点。的确，路灯是夜晚的“调光师”，其色温决定城市夜空的“底色”，与市民的日常生活密切相关。因此，LED 路灯色温问题在规模应用前亟待解决，否则可能成为推广的巨大障碍。

本文通过分析色温的生理和心理属性，并结合白光推广案例，探讨色温与亮（照）度、舒适感的关系。在深圳 LED 路灯测试有关数据的基础上，探讨契合目前 LED 路灯技术水平的色温区间。

思考一：LED 路灯色温研究侧重生理性还是心理性？

作为新光源，LED 路灯不可避免地与现有主流照明，特别是高压钠灯反复比较，色温正是主要的比较点。LED 路灯支持者认为，高色温白光用于道路照明有中间视觉效应，可视性好，感觉比低色温黄光更明亮；高压钠灯支持者则认为，黄光透雾性好，感觉温暖，比白光更受市民欢迎。以上说法，自有其逻辑和理由，各有一定的合理性。不过，仅把不同色温的优缺点罗列比较，并不能找出 LED 路灯在色温方面所面临的主要矛盾，对解决问题于事无补，无助 LED 路灯的推广

应用。

因此，本文提出从属性角度研究色温，即生理性和心理性。毫无疑问，色温兼具生理和心理两种属性，某些指标甚至密不可分。例如，光的透雾性影响驾驶者的辨识能力和反应速度，属于生理性；同时，透雾性能差使驾驶者感觉朦胧，精神高度紧张，属于心理性。从研究角度看，我们有必要从研究内容、研究方法等方面分类，找出 LED 路灯色温在规模推广前最需要解决的问题。

从表一可看到，生理性研究主要包括可视度、辨识能力等内容，需要科学家通过精心设计的实验去获取；心理性研究主要包括舒适感、满意度等指标，需要足够样本的情景调查和问卷调查。生理性研究基于专业判断，其话语权掌握科学家手里，由于 LED 路灯可用于道路照明已是业界共识，所以不会成为规模推广的障碍。而心理性研究则不同，其结果取决于广大市民的主观感受，由于 LED 路灯将会改变城市夜空的既有“底色”，市民的接受程度显得非常重要。因此，在规模推广前，心理性研究比生理性研究更紧迫。

表一：色温的属性

色温(光色)	生理性	心理性
研究内容	可视度、辨识能力、刹车时间、反应时间、中间视觉效应、目标错失率、透雾性等	舒适感、满意度、偏爱度、安全感、滞留时间等
研究方法	以定量为主，侧重研究	以定性为主，侧重情境调查、问卷调查
实验设备	数量较多，精度要求较高	数量较少，精度要求较低
样本数量	人数较少，有些为特定群体	人数较多，一般随机选择
评价指标	客观标准	主观接受程度

思考二：LED 路灯是否适合道路照明？

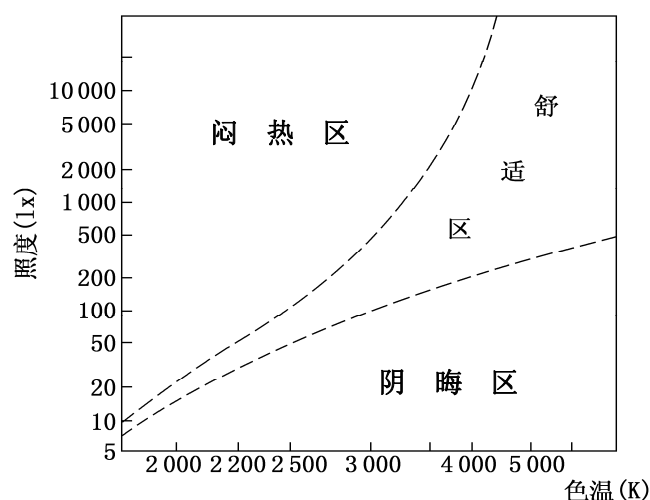
现在一些路灯单位明确表示偏爱黄光，也有部分专家和机构宣称中国人喜欢 3000-4000K 的暖白光，更多的 LED 路灯企业则认为白光感觉很好。众说纷纭，不一而足。

在此，有必要重温一个被反复提起的案例：1999 年，某国际品牌在国内推广金卤灯，深圳很多主干道，包括深南大道，都换成白光的金卤灯（6000-6500K）。

初时效果尚算不错，但好景不长，2000 年后开始有市民投诉，2001、2002 年投诉达到高峰，反映白光昏暗，感觉不好。自此之后，深圳的主干道逐渐换回黄光的高压钠灯。这一幕，也同时在其它城市上演。作为亲历者，笔者认可该事实，但并不认同该案例被解读为深圳市民不喜爱白光甚至中国人不喜爱白光。刚安装时并无市民投诉，投诉出现在一年后，以两到三年时最多。根据投诉出现时的路面测量数据，金卤灯光衰严重，亮（照）度明显下降，沥青路面照度仅 10Lx 左右。因此，白光在道路照明中不被接受，原因不仅仅是高色温，而在于高色温与低亮（照）度的共同作用。笔者曾对图一进行多次情景调查，无论在室内照明还是室外照明，定性分析的结果与该图基本吻合（定量分析结果出入较大，尚需进一步研究）。用图一来分析本案例，刚安装时亮（照）度较高，尚在舒适区，不会感到昏暗。很不幸，金卤灯光衰严重，一年后亮（照）度明显下降，落到了阴晦区，投诉出现。

基于心理感受的复杂程度，没有科学的调查和足够的样本，不能简单判断白光与黄光的优劣，更不能断定 LED 路灯不适合道路照明。在深圳 LED 路灯测试中，我们组织深圳市市政设计研究院的 12 位道路照明设计人员到现场问卷调查，结果黄光、暖白、中性白、冷白的喜好者各为 3 位（见表二）。虽然样本数量有限，但却充分说明不同个体对不同色温各有喜好，甚至专业人员群体也是如此。

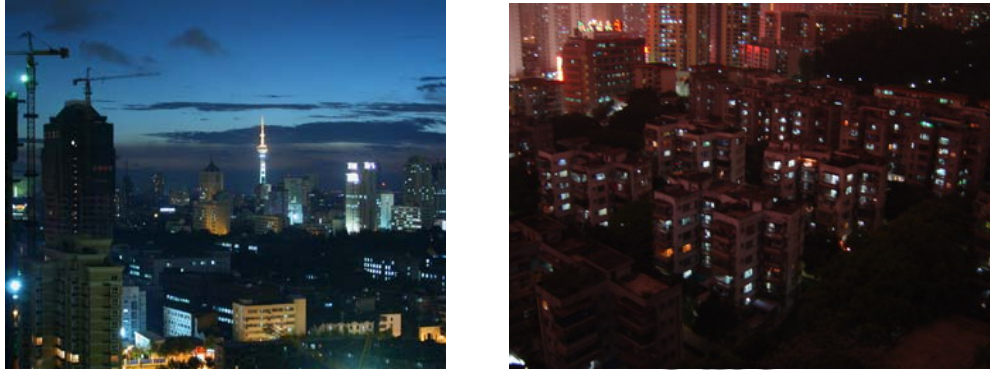
因此，在色温研究上不能预设立场，只有结合亮（照）度和环境情况进行认真研究，才可能得到真正答案。从大方向来说，笔者认为道路照明可能会重复室内照明的进程，白光将会成为未来的主流方向（见图二）。



图一：照度和色温对人的影响

表二：深圳 LED 路灯测试现场问卷调查

光色	高压钠灯黄光	CosmoPolis 暖白	LED 中性白	LED 冷白
色温 (K)	2000K	2700K	4000-5000K	5000-8000K
人数 (位)	3	3	3	3
比例	25%	25%	25%	25%



图二：白光已成为不少城市室内照明的主流

选择：暖白、中性白还是冷白？

在道路照明，为提高人的舒适感和满意度，高色温光源相比低色温需要更高的亮（照）度，但数值并不大。以深圳 LED 路灯测试为例，27 款 LED 路灯在混凝土路面的平均照度仅 12Lx，最高也不超过 15 Lx，而平均色温为 5955K。通过现场评价（分为好、较好、一般、差四档），评价为好和较好的 LED 路灯数量超过 50%。笔者初步认为，在混凝土路面，高色温光源的舒适感的临界点在 12 Lx—15 Lx，即使在沥青路面，临界点估计也不会超过 20Lx。

从表三看到，27 款 LED 路灯的整灯光效平均值随着色温提高而提高，在 5500-6000K 区间达到最高值，为 59.6Lm/W，然后随着色温提高而逐步下降。由于 5500-6000K 区间的 LED 路灯比例达 40.8%，同时整灯光效平均值最高（本次测试的最高光效也出现在该区间，为色温 5899K 光效 81.5Lm/W），所以可认为 5500-6000K 为目前 LED 路灯的主流色温区间。与色温<5000K 的 LED 路灯相比，主流色温区间的整灯光效平均值提高 31.0%，优势非常明显。

同样，LED 芯片也存在同样规律，光效与色温密切相关。从表四可看出，GREE 芯片不同色温的光效差别不大，但 OSRAM 芯片则不然，不同色温的光效差别较大，6500K 芯片比 5700K 芯片的光效提高 31.8%。因此，LED 路灯必须在色温与光效

之间取得平衡，既要充分考虑市民的舒适感和满意度，也不能为追求低色温而大幅牺牲光效。毕竟，照度和功率密度值是《城市道路照明设计标准》(CJJ45-2006)的硬指标，必须有较高光效才能满足要求。同时，由于不同色温芯片的价格差别较大，成本因素也需要认真考虑。

结语：LED 色温区间的选择，需要在满足道路照明设计标准的前提下，充分考虑市民的接受程度，在光效、色温、成本之间取得平衡。基于目前 LED 产业的技术水平，5000-6500K 区间的冷白光可能是较好选择。

表三：深圳 LED 路灯测试的色温与光效

色温区间(K)	<5000	5000-5500	5500-6000	6000-6500	>6500	合计
平均色温(K)	4480	5165	5746	6363	7200	5955
整灯光效平均值(Lm/W)	45.5	53.0	59.6	56.0	50.6	54.8
数量(款)	3	3	11	4	6	27
比例	11.1%	11.1%	40.8%	14.8%	22.2%	100%

表四：LED 芯片的色温与光效

品牌	光色	色温(K)	光效(Lm/W)	提高比例
GREE	暖白	2600-3700	87.4	
	中性白	3700-5000	93.9	7.4%
	冷白	5000-10000	107	14.0%
OSRAM	暖白	3000	75	
	中性白	5700	85	13.3%
	冷白	6500	112	31.8%

注：以上数据取自 GREE 和 OSRAM 的产品宣传资料，两公司对暖白、中性白、冷白的划分标准不同。