

LED 照明产品光源频闪风险分析

Risk Analysis on Flashing Light Source for LED Lighting Products

许巧云
(福建省产品质量检验研究院 福州 350002)

摘要：本文通过对 LED 照明产品频闪危害性及风险源进行分析，并对现有相关国际标准进行梳理，同时结合福建省质检院开展的 LED 照明产品光源频闪风险监测情况，提出了相关建议措施。

关键词：LED 照明产品；频闪危害；风险监测；建议措施

Abstract： The stroboscopic harmfulness and risk source of LED lighting products, and existing relevant international standards are analyzed, at the same time, combined with light stroboscopic risk monitoring situation of LED lighting products from quality inspection institute in Fujian province, we put forward some suggestions.

Key words： LED lighting products; flashing hazard; risk monitoring; suggestions

引言

LED 照明产品的频闪问题已经引起了业内的广泛关注，特别是几年来智能照明甚嚣尘上，在附加调光、通讯等功能后，光源频闪往往更为严重。频闪不仅会带来心理和生理方面的健康问题，严重时甚至还会引发安全事故。目前，国际上已相继出台了多个有关频闪评估的标准，但这些标准的关注重点不同，评价指标也有很大的差别。

1 LED 照明频闪问题的风险来源

光源频闪指的光源所产生的光呈重复、快速的变化，光输出不稳定，可用光通量的波动深度来表示。波动深度的数值越大，则频闪问题越严重。电光源的频闪水平大小也是衡量产品的性能参数关键指标。频闪效应指的是由电光源的频闪问题所引发的危害效应。频闪和频闪效应是用于表征电光源的光通量波动深度和所引发危害效应的两个相互因果的物理参数。

由于 LED 产品自身所具有正向伏安特性，在相同的交流电源下，许多 LED 照明产品的光输出闪烁问题明显高于传统的光源产品。

根据 IEEE Std 1789-2015 标准可知，LED 照明闪烁的潜在健康影响主要归纳为五个方面，其风险危害矩阵如图 1 所示。

LED 照明产品产生光源频闪的技术机理有多方面：供电电源电压不稳、电光源自身品质性能缺陷、发光体驱动频率过低以及照明设计不合理等，并且是诸多因素综合作用的结果。

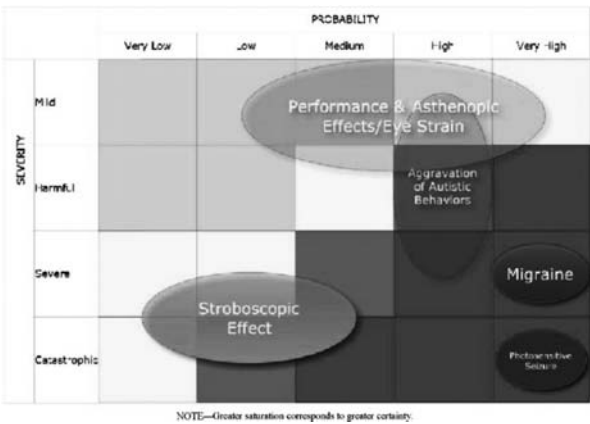


图 1 LED 照明闪烁风险危害矩阵图

1) 供电电源电压不稳

传统照明产品若采用 50 Hz 交流供电，则它的频闪周期为 100 Hz，所以用数码相机进行拍摄时会因采样频率不同而出现水波纹。LED 灯具产品由于是采用直流输出供电，所以其光源输出光也为直流形式（或在直流输出基础上叠加微小波动）。从物理角度上来讲，其光输出的波动性会远低于交流电工作下的光源产品。但是由于 LED 驱动电源的供电方式仍为交流形式，若市电的电压不够稳定，则所产生交流纹波也会通过 LED 驱动电源影响 LED 光源发光稳定。

2) 光源自身品质性能缺陷

纹波电流是导致频闪问题的罪魁祸首之一。纹波电流指的是经整流、滤波后还存在一定的交流成分，该交流成分会使得 LED 模块的功率产生一定程度波动，从而影响光输出效果。叠加交流成分的数量和频率是影响频闪大小的决定要素。

相对于传统光源的响应速度慢（如光输出上升或下降时间较长），LED 产品具有较快的响应时间，所以其频闪特性主要由驱动电源特性来决定，对电流的变动也更为敏感，因此频闪问题相对传统光源也更加严重。

3) 照明设计不合理

LED 照明产品采用 AC 转 DC 的恒压或者恒流电源驱动，光源本身并不会产生频闪，有无频闪取决于 LED 驱动电源。由于驱动电源的电路设计原理和元器件质量不同，每种 LED 产品的频闪程度也不同。部分厂家为节约制造成本，使用较为简单的阻容降压驱动电路，输出电流及其不稳定，则会导致严重频闪现象。随着 LED 照明产品智能化趋势，调光将是其所必备基本功能，但是调光则是导致频闪问题的另一个重要诱因。当 LED 产品加载了调光功能后，频闪问题通常会更加明显。尤其在光线调暗时，波动深度将会加大。

2 风险监测及结果分析

目前国内相关灯具或光源强制性安全标准均未考核光源频闪项目，无法为强制性认证或各类监督抽查提供

相关参考依据，因此国内对于照明电器产品光源频闪危害评价和质量监管尚处于空白。仅有的个别性能标准如：GB/T 9473-2017《读写作业台灯性能要求》、CQC1601-2016《视觉作业台灯认证技术规范》对光源频闪提出相关定义及评价方法，但是这些标准或规范仅适用于作业台灯且为推荐性，未对照明行业现状形成有效制约或规范作用。

本机构于 2018 年开展了 LED 照明产品光源频闪项目风险监测，本次风险监测依据目前国际通行的 LED 光源频闪风险危害评价准则 IEEE Std 1789:2015《IEEE 推荐的高光 LED 减少使用者健康风险调制电流方法》，监测样本 50 批次。

2.1 采样方法、检测和判定依据

2.1.1 采样方法

本次样品采集采取流通领域和生产领域买样的方式，共购买不同类型、不同品牌、型号规格、生产区域的 LED 照明产品 50 批次。

样品采集地点：采样区域集中在超市、商店和灯饰产品批发市场、网上商城、省监督样品库（生产领域）。

LED 照明产品的品牌包括了飞利浦、欧司朗、欧普等市场占有率相对较高的牌子以及市场占有率稍低的牌子。具体的采集样品类型、采样来源和产地来源数量见附录。50 批次样品的分布情况见表 1~3。

表 1 按样品类型统计样品分布

样品类型	采样数量	采样比例（%）
LED 球泡灯	20	40
LED 灯管	5	10
LED 筒灯	5	10
LED 台灯	20	40
共计	50	100

表 2 按采样来源统计样品分布

采样来源	采样数量	采样比例（%）
流通领域	35	70
生产领域	15	30
共计	50	100

2.1.2 监测依据和检测项目

依据标准：IEEE Std 1789:2015《IEEE 推荐的高光 LED 减少使用者健康风险调制电流方法》

检测项目：光源频闪

2.1.3 判定规则

本次监测采用远方 LFA-3000 频闪测量设备。该仪器配备高精度光度探头（照度测量范围 0.1~200 000 lx），最高的采样速率可达到 100 KS/s，并且可以通过快速捕捉变化的波形并对快速变化的光源频闪特性进行准确的分析评估。

本次风险监测依据电气和电子工程协会（IEEE）发布的技术规范 IEEE Std 1789:2015《IEEE 推荐的高光 LED 减少使用者健康风险调制电流方法》将闪烁分为不可被察觉到的影响水平和超低风险区域，照明频闪问题会导致潜在的各种不利影响：导致频闪效应和旋转机械动作明显的降速或着停止现象；光敏性癫痫或着由闪烁光所诱导的癫痫病发作；偏头痛或着严重头痛伴随恶心或视觉功能紊乱；导致视觉功能减弱包括：眼睛疲劳、视力模糊，或者在与视觉功能相关作业能力的下降。加重自闭症人群的反复行为。

根据 IEEE 技术规范（见图 2），频闪所带来的风险大小与闪烁频率和调制深度密切相关。当输出频率较高的时候，调制深度的大小可相对提高。该标准中针对频闪所可能引发的潜在健康危害进行了相应介绍并提出建议，将频闪的风险危害共分为三个等级（高/低/无察觉风险），并且给出相应的区域划分。

2.2 监测结果分析

本次风险监测针对 LED 照明光源频闪项目，监测 50 批次样品，其中监测结果为高风险 20 批次、低风险 2 批次、无风险 28 批次，总体风险发现率为 44 %。

2.2.1 按不同样品类型进行分析

从表 4 可以看出，从不同样品类型来看，风险发现率从高到低依次为 LED 球泡灯、LED 筒灯、LED 灯管、LED 台灯。LED 球泡灯和 LED 筒灯作为 LED 室内照明应用最广泛的产品，近年来市场竞争非常激烈，且行业

缺乏有效监管、企业主体责任意识不强，部分企业生产技术落后，为降低成本，大量使用劣质驱动电源元器件和 LED 模块组件，或者直接采用最简单的阻容降压方式进行交直流电路转换，无法保证恒压、恒流输出，导致光输出波动深度较大，频闪问题非常严重。

由于青少年的用眼健康问题日益收到各界关注和各类媒体大幅宣传，近年来大量推出护眼台灯，由于采用的是直流供电技术，避免了交流电波动干扰。但由于直

表 3 按采样来源统计样品分布

产地来源	采样数量	采样比例（%）
广东省	25	50
福建省	15	30
浙江省	6	12
江苏	2	4
山东	1	2
上海	1	2
共计	50	100

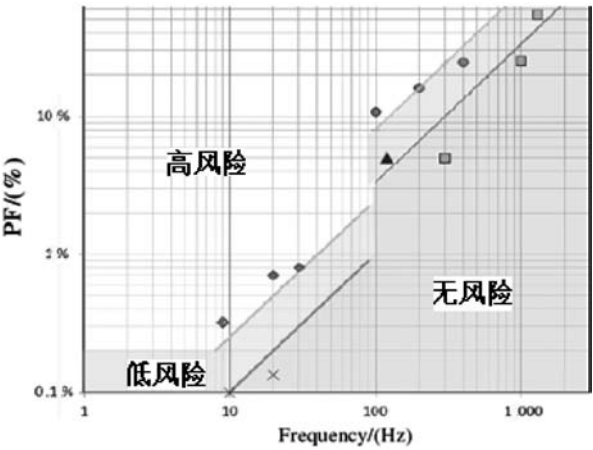


图 2 光源频闪风险影响水平的闪烁频率和波动深度函数关系

表 4 不同样品类型风险发现率

样品类型	采样数量	高风险	低风险	无风险	风险发现率（%）
LED 球泡灯	20	14	0	6	70
LED 筒灯	5	3	0	2	60
LED 灯管	5	1	1	3	40
LED 台灯	20	2	1	17	15
共计	50	20	2	28	44

护眼灯具的工艺制造难度大、成本高，目前仅有部分大企业会采用此技术。从监测结果来看，部分 LED 台灯产品仍然存在一定的光源频闪问题。

2.2.2 按不同的采样来源进行分析

从表 5 可以看出，本次风险监测从流通领域采样 35 批次，从生产领域采样 15 批次，从监测结果来看，生产领域和流通领域的风险发现率均较高，而生产领域的风险发现率稍高于流通领域。导致监测结果差异的主要原因是流通领域和生产领域各类型产品的采样比例不一样。

2.2.3 按不同的产地来源进行分析

从表 6 可以看出，本次风险监测样品产地来源包含广东、浙江、江苏、上海、山东、福建等部分区域，对于采样量较集中的广东、福建、浙江三省，风险发现率均较高且未呈现明显差异，说明光源频闪问题在全国各 LED 照明产业集中区都普遍存在。

2.2.4 按不符合标准程度进行分析

从表 7 可以看出，本次风险监测结果显示高风险的产品批次达到 40 %，说明目前整个国内 LED 产业的光源频闪问题非常普遍且相当严重，但目前相关国家标准并未对此项目加以规范，导致行业入门门槛低、产品质量参差不齐，需要引起相关政府、标委会和行业监管部门高度关注。

2.3 风险总体评价

从本次风险监测结果可以看出，目前中国市场上的 LED 照明产品，按照目前国际通行的 LED 光源频闪风险危害评价准则，至少有 44 % 达不到无风险的要求。因此目前市场上的 LED 照明产品对人体健康安全的存在着一定的威胁。

3 小结

根据风险监测结果，目前国内市场上的 LED 照明产品光源频闪问题比较严重，对人体健康安全的存在着一定的威胁。目前现行的国家标准与相比国际标准仍存在一定滞后性。只有通过加快相关国家标准的推出来提高产品的市场准入门槛，同时相关部门也要加大力度进行

表 5 不同样品来源风险发现率

采样来源	采样数量	高风险	低风险	无风险	风险发现率 (%)
流通领域	35	13	1	21	40
生产领域	15	7	1	7	53.3
共计	50	20	2	28	44

表 6 不同产地来源风险发现率

产地来源	采样数量	高风险	低风险	无风险	风险发现率 (%)
广东省	25	9	1	15	40
福建省	15	7	0	8	46.6
浙江省	6	2	1	3	50
江苏	2	1	0	1	50
山东	1	1	0	0	100
上海	1	0	0	1	0
共计	50	20	2	28	44

表 7 不同级别风险发现率

风险级别	批次数	占百分比 (%)
高风险	20	40
低风险	2	4
无风险	28	56

产品质量安全监管，同时要提高消费者的质量意识。

一是要适当提高国内 LED 照明行业市场准入门槛，加快相关标准制修订进程，规范市场秩序，杜绝低质化生产和无序化竞争；

二是要积极发挥行业标委会和政府各级部门职能的作用，对国家的相关政策进行培训宣贯，及时通报国内外相关标准进展情况和技术发展动态，加大监督执法力度，加大对各类电商平台的产品监管力度，严厉打击质量违法行为；

三是要加大对检验技术机构投入力度，以各专业化检测机构为依托，建设检验和标准化技术平台，积极为广大企业提供标准培训、质量咨询和技术服务，帮助企业加强过程质量控制，协助企业进行成品质量把关。

(下转 73 页)

表 1 不同约束仿真变形量汇总

约束类型	形变量 (A60 112)
固定约束	0.151
无摩擦支撑	0.168
形变增加率	11.35 %

表 2 实测变形量

型号	变形量 (A60(112))
变形量	0.57

骨架同比增加 11.3 %，另外无摩擦约束变形分步情况更接近设计分布情况，实际上绕线过程中骨架齿部变形的方向主要是定子径向方向，轴向方向有线圈束缚着基本可以认为无变形。所以后续骨架齿部变形量仿真建议采用无摩擦约束。

5 结论

通过对不同型号定子的绝缘骨架进行静态场仿真，重点关注影响定、转子装配的齿部变形量部分，得到了齿部内壁拔模斜度、齿根过渡圆角、定位方式对变形量的影响趋势，可以健全目前对绝缘骨架齿部强度的评价手段，从而可以通过后续结合定子槽满率的要求确定过渡圆角的最佳尺寸。

参考文献：

[1] 凌桂龙, 丁金滨, 温正. ANSYS Workbench 13.0 从入门到精通 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2012.
[2] 吴恒顺. 电机常用材料手册 [M] 西安: 陕西科学技术出版社, 2001.9.
[3] 徐君贤. 电机与电器制造工艺学 [M] 北京: 机械工业出版社, 2015.

作者简介：

江胜军, 男, 湖南人, 学士, 电气工程师。研究方向: 永磁电机设计。

(上接 56 页)

四是消费建议和提醒。消费者可通过市场监管总局或相关地方局网站查询质量抽检信息，应尽量选择抽查合格的产品；尽量到正规的厂家专卖店或商场、超市购买产品。在购买灯具产品时，若发现可疑问题，可向相关检验机构咨询；在使用 LED 照明产品时，眼睛尽量不要长时间直视 LED 光源，特别是儿童更需要注意，如果长时间直视光源对眼睛会照成伤害。

参考文献：

[1] 庄晓波, 朱绍龙, 张善瑞. 光源光输出波动的准确测量及其影响因素 [J]. 照明工程学报, 2009(001):12-19.
[2] 杨光. 基于不同驱动条件下白光 LED 照明频闪问题的研究 [J]. 照明工程学报, 2011,12(6): 8-9.
[3] 牛占彪. 健康照明与无频闪护眼灯 [J]. 中国照明电器, 2015(3):10-12.
[4] 陆世鸣, 刘磊, 俞安琪. 照明产品的频闪分析及对功能性照明的影响 [J]. 灯与照明, 2014(12):22-23.

作者简介：

许巧云 (1984.04-), 硕士研究生, 工程师, 主要从事照明产品光学性能评价及检验方法研究。