

LED灯具防触电保护在标准中适用性的研究

| | |
|------|--------------------------------|
| 产品名称 | LED灯具防触电保护在标准中适用性的研究 |
| 公司名称 | 深圳市实测通技术服务有限公司 |
| 价格 | .00/件 |
| 规格参数 | 服务1:一次收费 服务2:速度快 服务3:价格优 |
| 公司地址 | 深圳市罗湖区翠竹街道翠宁社区太宁路145号二单元705 |
| 联系电话 | 17324413130 17324413130 |

产品详情

摘要：文章从LED元件的电参数谈到LED灯具在发展中遇到的问题。再从我国现有标准和国际*新灯具标准的比较和研究中，讨论了标准中涉及到LED灯具防触电的相关条款。其中包含了防触电、接触电流和保护导体电流等章节。通过对于标准的深入研究，阐明了LED灯具因防触电不同于传统光源灯具产品而导致的标准适用性问题。

1 LED技术发展背景

应用半导体PN结发光原理制成LED问世于20世纪60年代初，1964年首先出现红色发光二极管，之后出现黄色LED。直到1994年蓝色、绿色LED才研制成功。1996年由日本Nichia公司（日亚）成功开发出白色LED。

LED（Lighting Emitting Diode）发光二极管，是一种半导体固体发光器件。它是利用固体半导体芯片作为发光材料，在半导体中通过载流子发生复合放出过剩的能量而引起光子发射，直接发出红、黄、蓝、绿、青、橙、紫、白色的光。LED照明产品就是利用LED作为光源制造出来的照明器具。

在当前全球能源短缺的忧虑再度升高的背景下，节约能源是我们未来面临的重要的问题，在照明领域，LED发光产品的应用正吸引着世人的目光，LED作为一种新型的绿色光源产品，必然是未来发展的趋势，二十一世纪将进入以LED为代表的新型照明光源时代。

2 LED元件的电参数

LED被称为第四代照明光源或绿色光源，具有节能、环保、寿命长、体积小等特点，可以广泛应用于各种指示、显示、装饰、背光源、普通照明和城市夜景等领域（见图1）。随着技术进步，LED的光效越来越高，再加上LED理论上的超长寿命，人们普遍将LED的发展直指替换传统照明。在各种宣传资料上，我们都能看见不同厂商为吸引眼球将光效和寿命作为LED的独特优势加以夸大。的确，光效反应了LED元件发光的效率，寿命决定了元件的使用品质，都是产品特性的重要元素。但随着LED实际照明系统应用中，人们不得不面对LED光效提高带来的散热问题，以及到目前为止LED的寿命只是停留在理论上的推导上，即使是*新的TM-21《LED寿命估算方法》也只是给出了近似的推导方法。由于这一枚硬币的双面性，又需要技术上的保证，制造商在推销LED时又有多少底气呢？

除了光效和寿命，那LED还有其它优点吗？我们不妨回到LED元件的使用上来。LED光源是发光二极管，正常点亮需要恒流直流电源，照明应用级大功率的输入电压一般为3.0V左右，远低于人体安全电压36V，一般能安全使用，且工作电流为350mA至1000mA左右。相比较传统光源，工作电压安全且工作电流不高是*大的特点。如，传统钨丝灯工作电压一般为220V，工作电流约为0.2A~0.5A。其它气体放电灯需要很高的脉冲电压进行激发，即使工作电压往往也大于250V，工作电流约为0.5~4A。即使工作电压*低的传统光源低压卤钨灯也需要12V，但其工作电流达到4安左右。又由于直流电源能方便控制其开断，其数字特性方便与数字控制系统结合来对照明系统进行控制，尤其是LED调光来烘托气氛（见表1）。

但需要注意的是，由于LED光源自身的V-A特性，导致了为了正常点亮LED光源必须使用恒流的直流电源。如图2所示，LED正向工作在**象限，当正向电压比较小时，正向电流很小，几乎为零，相应的电压叫死区电压。当正向电压超过死区电压后，其 $R = V / I$ 是正的，呈现正电阻特性，当LED管电压增加时其LED的电流也增加；LED管电压下降其LED的电流也下降。因此，只要供电电压稳定，LED电流就不会继续增加或下降。然而在LED电压V_f附近，电压稍为变化，电流将发生大的变化。所以LED需要恒流电源驱动以维持其稳定性。

3 LED灯具的电参数疑惑

从上面的比较我们了解到，直流低压驱动的LED元件相比较传统光源来说工作电压安全，但需直流驱动。那我们用这些低压安全直流驱动的LED做成的照明系统也同样安全吗？

现在LED替代传统照明大致有两个方向。一个是LED元件做成光源替换传统耗能光源（特别是白炽灯），多数是室内应用；一种是LED灯具替换传统光源做成室外灯具。对于替换传统耗能光源，考虑到光源本身的尺寸大小和散热考虑，LED大多在提高光效及散热上下功夫，本身所需的驱动电压都不会太大。而对于室外灯具而言，由于替换的是大功率的荧光灯、金卤灯和高压钠灯等，基本考虑的方法就是增加LED光源的使用数量。如路灯功率都在250~400W之间，荧光线性灯功率从14~80W不等。由于LED是电流驱动型，随着LED数量的增加，所输入的电压也会相应增加。不像传统光源需要灯座来固定，LED本身只能通过PCB板等来进行电气机械连接，从而对灯具本身有了新的结构要求。又由于LED独有的散热考虑，往往LED需要直接固定在灯具的金属外壳使其充分散热。由于LED元件区别于传统光源的电参数特性，加之标准的滞后性（尤其是我国国家标准），制作灯具时常常会有很多疑惑：

（1）是不是LED灯具的任何工作电压都是安全的呢？到底增加到什么程度内，该灯具还是安全的呢？

（2）LED灯具特有的结构会对电气安全产生影响吗？标准中的要求是否对其结构有影响？

(3) LED灯具的电气安全特性是否在标准中有所考核？是否会改变灯具本身的结构呢？

(4) LED灯具的电气安全性在标准中是否有新的规定？由于传统光源都是工作在交流电源下，旧标准的规定都是按交流电压来考核的，是否有直流方面的考核呢？

综上所述，LED灯具电气安全特性还需要对标准的重新诠释，也是LED发展所面临的无标准和标准不统一的窘境。下面，我们将比较新旧标准之间的差异，来表明LED照明系统之灯具的电参数问题（见图3）。

4 LED灯具的安全标准

目前为止，我国使用的灯具安全通用标准为GB 7000.1-2007《灯具 第一部分：一般要求与试验》，所对应的标准为等同采用IEC 60598-1:2003。而新版灯具安全的标准为IEC 60598-1:2008。我国现行标准落后标准一版，对新型LED灯具有很多方面无法应用，这也是LED标准规范呼声越来越高的原因之一。我们将就新旧版的标准中涉及电参数的条款进行比较，来说明LED灯具的电压问题。旧版标准我们以我国现行标准为例，新版标准我们以国际新标准为例来进行比较说明（见表2）。

标准中与LED防触电有关的条款有：

(1) 防触电；

(2) 接触电流和保护导体电流。

5 LED灯具的防触电安全性

(1) LED灯具防触电安全性实际应用上的困惑 有两款新型LED灯具，一款LED的载流部件手能触及，一款12V直流风扇作为主动散热部件用于灯具外壳，但其载流部件也能触及。这两款灯具LED安全吗？直流低电压是否一定安全，是否能作为产品的可触及表面？（见图4）

根据常识，36V及以下电压为人体安全电压。那到底这些作用于LED的直流电压是否依然安全呢？对于我们日常使用中的LED产品，能否直接接触这些带电部件呢？由于是低压直流电，是否就不需要去考虑安全性呢？我们到哪去寻找这些问题的答案呢？

(2) GB/T 3805-2008《特低电压(ELV)限值》

关于这些问题，我们可以先参考GB/T3805-2008/IEC61201《特低电压(ELV)限值》。该标准规定了GB/T 18379-2001《建筑物电气装置的电压区段(IEC 60449:1973, IDT)》中定义的I区段电压等级的限值，用以指导正确选择人体在正常和故障两种状态下使用各种电气设备，并

处于各种环境状态下可触及导电零件的电压限值（见表3）。

该标准规定的数值基于GB/T 138870.1-1992《电流通过人体的效应**部分：常用部分（第三章：15~100Hz正弦交流电流的效应；第四章：直流电的效应；第五章：人体电阻抗）（n eq IEC 60479-1:1984）》和GB/T 13870.2-1997《电流通过人体的效应第二部分：特殊情况（第四章：频率100Hz以上的交流电流的效应；第五章：特殊波形电流的效应；第六章：短时间单向脉冲电流的效应）（i dt IEC 60479-2:1987）》和其它来源的经验，电压限值的规定是针对正常和故障两种状态。这些限值与直接和间接接触的概念无关，也不用于区分接地和非接地电路，可认为这些限值及低于限值的电压在规定的条件下对人体不构成危险。

该标准考虑了各种环境状况的影响因素，如下：

环境状况1：皮肤阻抗和对地电阻均可忽略不计（例如人体浸没条件）；

环境状况2：皮肤阻抗和对地电阻降低（例如潮湿条件）；

环境状况3：皮肤阻抗和对地电阻均不降低（例如干燥条件）；

环境状况4：特殊状况（例如电焊、电镀）。

其稳态电压限值如表4所示：

考虑到LED产品本身能工作在潮湿环境中，一般选择环境状态2，所以无故障正常状态下的直流电压限值为35V，单故障状态下为70V。这点也基本符合36V以下为人体安全电压的常识。所以35V以下的LED灯具（如常用的12V和24V恒压驱动型），我们基本能判定其安全，那35V以上灯具也值得思考。

（3）如何确定导电部件是否会引起触电危险

我们还需要考查产品本身的安全标准，可以参考灯具安全标准GB7000.1-2007中第8章条“防触电保护”。该章规定了灯具防触电保护的要求。防触电保护是指防止灯具中带电部件的可触及。带电部件是指正常使用可能引起触电的导电部件。图5规定了确定导电部件是否会引起触电的带电部件的试验。

其中附录A的第a)条谈到了直流概念。我们可以用下图6测量线路测量来确定直流导电部件是否会引起触电试验。

乍一看，除了附录A的第a)条款就再也没有如何检测直流能否引起触电方面的要求，真的是这样吗？我们还是要仔细看看附录b)，34V峰值这个概念似乎是说交流而不是直流，其实并非如此。

直流电一般分为普通直流电和脉动直流电。普通的直流电是指大小（电压高低）和方向（正负极）都不随时间（相对范围内）而变化，比如干电池。脉动直流电是指方向（正负极）不变，但大小随时间变化，比如：我们把50Hz的交流电经过二极管整流后得到的就是典型脉动直流电，半波整流得到的是50Hz的脉动直流电，如果是全波或桥式整流得到的就是100Hz的脉动直流电，它们只有经过滤波（用电感或电容）以后才变成平直的直流电，当然其中仍存在脉动成分（称纹波系数），大小视滤波电路得滤波效果。

实际应用中，直流电大多数都是通过此种方式实现的。

相比较使用干电池来获得直流电源，利用交流电源经过变换而得到直流电源的方法更经济实用。直流电源一般包括四个组成部分，即电源变压器、整流电路、滤波器和稳压电路，如图7所示。

根据 I E C 6 0 5 9 8 - 1 : 2 0 0 8 中给出的定义 1 . 2 . 4 2 . 1 中的注释如下，所以 3 4 V 峰值这个概念对应于 3 0 V 无纹波的直流系统。此试验可以依据下图8进行测试。

标准为什么考虑电压不超过 3 4 V (峰值) 是安全电压呢？感知电流因人而异，女人一般为 0 . 7 m A (交流) ，男人一般为 1 . 1 m A (交流) 。 5 0 m A 电流通过人体时，就会有生命危险。假设人体电阻 1 0 0 0 Ω (人体电阻通常为 1 ~ 1 0 0 k Ω ，在潮湿及出汗情况下为 8 0 0 Ω 左右甚至更低) ，如以危险电流 5 0 m A 计，人体所能接触的电压为 5 0 V ；人体电阻假定是 4 8 0 Ω 时，人体所能接触的电压为 2 4 V 。应该说 5 0 V 及其以下电压都是安全的，人接触以后是不会发生危险的，但考虑有一定的安全系数，标准中规定安全电压峰值电压 3 4 V (\times 2 4 V) 。此时电流 $I = 3 4 V / 5 0 0 0 0 \Omega = 0 . 7 m A$ ，也对应限制在了**条所述的安全范围内。

在现行我国标准中，并没有说明上述两种方法的区别和使用情况。但在*新****中已明确指出。

也就是说这两个试验是先后顺序，如果试验 a) 已说明此为带电部件，就不需要试验 b) 。不然可以用试验 b) 来继续进行确认。

(4) 标准中其它对有关防触电保护

在现行国家标准 GB7000.1-2007 和 *新**** I E C 6 0 5 9 8 - 1 : 2 0 0 8 对于防触电保护，还在如下章条给出了要求。

8.2.1 灯具应制造成当灯具按正常使用安装和接线后以及为更换光源或可替换的启动器而必须打开时，即使不是徒手操作，其带电部件是不可触及的。基本绝缘部件不能用在没有防意外接触措施的灯具的外表面上。

对于 LED 灯具，其它防触电方面都很传统光源灯具相同。关键是更换光源也要带电部件不可触及这条要求对于 L E D 灯具适用不适用，毕竟 L E D 的一大特点就是长寿命。根据 C T L 第 4 6 次会议上，形成了如图9一份 S h e e t N o : 0 8 9 / 0 6 . m C T L - E T F 5 O S M / L U M 的决议：

该决议规定了标准 8.2.1 条款要求适用于 LED 灯具。无论是通过端子还是连接件与内部驱动连接的 LED 组件，都被认为是可更换的光源。如果 LED 组件是不可替换的或者没有使用 SELV 电路的驱动，不能使用普通工具（如螺丝刀、硬币等）打开光源腔，或者带电部件需要用与 230V 匹配的基本绝缘来绝缘。

此外，对于“基本绝缘部件不能用在没有防意外接触措施的灯具的外表面上”这一要求，*新**** I E C 6 0 5 9 8 - 1 : 2 0 0 8 中给出了详细的规定。

对于可移式灯具和可调节灯具，不能用标准试验指触及基本绝缘部件。对于墙面安装式灯具，不能用 I E C 6 1 0 3 2 图10中 (a) 所示的直径 5 0 mm 的试验球从灯具外部触及基本绝缘。

此外，对于III类LED灯具的载流部件能否暴露在外及如何确定的问题将在后文中相关内容说明。

(5) 有关安全电压的标准结构

综上所述，关于防触电安全电压的标准大致有 3 个层次。第 1 层次为基础层，G B / T 1 8 3 7 9 - 2 0 0 1 《建筑物电气装置的电压区段 (I E C 6 0 4 4 9 : 1 9 7 3 , I D T) 》给出了不同电压区段。第 2 层次为规范层，G B / T 3 8 0 5 - 2 0 0 8 《特低电压 (E L V) 限值》规定了特低电压限值。第 3 层次为产品应用层，G B 7 0 0 0 . 1 - 2 0 0 7 《灯具

**部分：一般要求与试验》规定了灯具产品的安全电压 (见图11) 。

6 LED灯具的接触电流和保护导体电流

6.1 LED灯具触电的危险

LED灯具与传统灯具有着很大的不同。因为LED光源不需要灯座支撑，再加上散热的考虑，往往将LED之间贴在金属外壳上面。这样的灯具会触电吗？由于LED灯具开始大量与电子技术结合，一些新型的控制技术得到应用，如人体直接接触LED灯具进行调光。这些新型电子技术的应用能保证对人体的安全吗？带着上述的一些问题，我们该如何对LED灯具进行考核呢？(如图12所示)

6.2 电流、电压和人体电阻与电击危害

电击对人体的危害程度，主要取决于通过人体电流的大小和通电时间长短。电流强度越大，致命危险越大；持续时间越长，死亡的可能性越大。电死人的关键是电流的大小。脱毛衣时发出的火花电压达几万伏，但没有形成持续电流，所以不会电死人。

根据 G B / T 1 3 8 7 0 . 1 - 1 9 9 2 《电流通过人体的效应 **部分：常用部分》可知，电流的效应由生理参数和电气参数决定，心室纤维性颤动是点击引起死亡的主要原因。人体心脏在易致颤期受到足够强度的电流刺激就发生心室纤维性颤动，直接对人体心电图和血压产生影响。该时间是心搏周期内较短的一部分，在此期间心脏纤维处于不协调的兴奋状态如图 1 3 所示。

10~100Hz正弦交流电流过人体的效应如表 5 和图 1 4 所示，以时间/电流为坐标，可划分为四个区域。

直流电流比交流易于摆脱。当电击时间大于心搏周期时，直流电流的心室纤维性颤动阈比交流电流高很多。要产生相同的刺激效应，恒定的直流电流的强度要比交流电流大2~4倍。此处所指直流电流含有正弦纹波不超过 1 0 % 的方均根值。直流电流的时间/电流区域说明见表6和图15。

根据该标准中4.4章条表述的直流电流其它效应中提及：

(1) 接近300mA时，通电期间四肢有发热感。

(2) 300mA以下横向电流流过人体几分钟时，随着时间和电流量的增加，可引起可以恢复的心律失常、电流伤痕、烧伤、头晕以及有时失去知觉。超过300mA时，往往失去知觉。可见LED灯具普通的驱动电流350mA和700mA对人体都有一定危害。

根据欧姆定律 ($I = U/R$) 可以得知流经人体电流的大小与外加电压和人体电阻有关。人体电阻除人的自身电阻外，还应附加上人体以外的衣服、鞋、裤等电阻，虽然人体电阻一般可达5000 Ω ，但是，影响人体电阻的因素很多，如皮肤潮湿出汗、带有导电性粉尘、加大与带电体的接触面积和压力以及衣服、鞋、袜的潮湿油污等情况，均能使人体电阻降低，所以通常流经人体电流的大小是无法事先计算出来的。下文中将提及如何用电子网络来模拟人体电阻。

因此，为确定安全条件，往往不采用安全电流，而是采用安全电压来进行估算，可被限制在较小范围内，可在一定的程度上保障人身安全。当电压超过设定的安全电压时，还需要通过测试电流的方式把电流限制在安全范围内。

6.3 泄漏电流、接触电流和保护导体电流

现有国家标准GB7000.1-2007中，反应电流触电伤害的试验是对泄漏电流测试（如图16所示）。

标准中引用了IEC 60990：1999，但此标准的名字为《METHODS OF MEASUREMENT OF TOUCH CURRENT AND PROTECTIVE CONDUCTOR CURRENT》即《接触电流和保护导体电流的测试方法》，在当时就已经舍弃了“泄漏电流”这个概念。主要因为：

(1) 考虑到人体阻抗，流经人体的有害电流和保护导体的电流不是必然相同的。

(2) 随着科技发展，人们意识到流经人体电流的电效应远比以前标准中的复杂，主要包括：感知、反应、摆脱和电灼伤。每种反应都有其不同的阈值，并且随着频率的变化而变化。

所以，根据需要必须对流经人体和保护导体的电流不同的测试方法，而泄漏电流实质上考虑了上述两种情况的综合，所以在之后标准中已经舍弃。所以在*新的****IEC60598-1:2008中就使用了接触电流和保护导体电流作为测试方法（见图17）。

根据IEC60598-1:2008中接触电流定义：接触电流是指当人员或动物接触到设备的一个或多个可触及零件时，通过人体或动物身体的电流。

在此标准中规定的接触电流的现值如表 7 所示，可见其和国家标准的限值有着很大差异。

6.4 接触电流和保护导体电流的测试方法

关于其测试方法，我们需要参照附录 G 中所描述的。

G.1 灯具在 $25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 环境温度以及额定电源电压和额定频率下进行试验。试验接线如图 18 所示，接线方式适用的是 TN 或 TT 系统。

隔离变压器的使用，一是*大程度的保护安全，二是是中心导体与地之间的电压小于 1% 的线电压，减少测量误差。这些都是 IEC 60990 中给出的指导。

根据 IEC 60364 - 3 《建筑物电气装置 第 3 部分：一般特性评估》，交流配电系统根据载流导体的安排和接地方式被划分为 TN、TT 和 IT 系统（见图 19）。

G.2 灯具带有预期型号的光源进行工作，在额定电压下达到稳定时，荧光灯和其它气体放电灯的光源功率和电压值其额定值的 $\pm 5\%$ 范围内。

此处标准中也未给出 LED 的测试要求，我们可以将上述值作为参考。

G.3 灯具按照标准中 12.4.1 章条（即灯具热试验）进行连接然后测量保护导体电流。测试网络如下图 20 所示，A 和 B 分别连接至 G.1 所示电路中的灯具的接地导体 PE 和电源接地之间。此时接触电流测试网络应断开。

测试顺序如下文的 G.5 所示，但是“e”端始终断开。II 类灯具不需要进行这项测试。由高阻抗电压表测得的 U_4 交流有效值除以电阻 R 得到电流的有效值。

G.4 对于测量接触电流，线路参考上文的图 18 和下图 22 和图 23。测试顺序参考下文 G.5。用符合 IEC 60529 的标准试验指作为试验探极施加到可触及的金属部件，或灯具壳体裹着尺寸 $10\text{cm} \times 20\text{cm}$ 金属箔的可触及的绝缘部件（见图 21）。

这里描述的测量方法是基于灯具用于星型 TN 或 TT 系统，例如灯具连接在火线（L）和中性线（N）之间。对于其它系统，见 IEC 60990 的有关部分。

对于多相连接的情况，程序相同，但每一次测量是在一相上进行。相同的限值适用于每一相。下图 23 测量网络用于 I 类可移式灯具，图 22 用于除了测量保护导体电流外的其它所有情况。在测量网络图 22 和图 23 中电压 U_2 和 U_3 测得的电压为峰值电压。

试验端子 A 电极（标准试验指）应依次施加于每一个可触及的部件。对于每一次施加试验端子 A 电极时，试验端子 B 电极应施加到地，然后依次施加其它的可触及部件。注意测试电路应使用隔离变压器。

G.5 测试顺序。接触电流如表 9 所示测量。装有开关的使用荧光灯或其它气体放电灯的可移式灯具，测量以后灯具应断开开关。然后将灯具开关闭合，在光源再次启动前再次按表 G.1 所述的规定测量接触电流。

6.5 人体电阻和模拟网络

人体阻抗值由电流通路、接触电压、通电时间、频率、皮肤湿度、接触面积、施加压力和温度等因素决定。皮肤阻抗和人体内阻抗组成的人体总阻抗是由阻性和容性的分量组成，根据 GB/T 13870.1 - 1992 《电流通过人体的效应

**部分：常用部分》以及 IEC 60479 - 1 : 1994 《Effects of current on human beings and livestock - Part 1: general aspects》，其定义为：2.10 皮肤阻抗 (Z_p) impedance of the skin 在皮肤上的电极与皮下导电组织之间的阻抗；2.11 人体内阻抗 (Z_i) internal impedance of the human body 两电极分别接触人体两部位，除去皮肤阻抗后电极间的阻抗；2.12 人体总阻抗 (Z_T) total impedance of the human body 人体内阻抗与皮肤阻抗的向量和。

其等效电路图图 24 所示。

图 22 和图 23 中的由元件 R_S 、 C_S 、 R_B 和试验端子 A、试验端子 B 构成的网络是模拟总得人体阻抗 Z_T 。其中 R_S 和 C_S 模拟两个接触点间总得皮肤阻抗 Z_p 。 C_S 阻抗是由皮肤接触区域决定的，对于较大接触区域，可以使用较大的电容值。 R_B 模拟人体的内阻抗 Z_i 。

(1) 感知电流、反应电流测量网络

感知电流是指能够引起人的感觉的*小电流。人体对电流的感知和反应是由流过人体内部器官的电流引起的。为了准确测量这些效应，要求对感知电流和反应电流随频率变化进行研究和补偿。对于引起感知或不自主的反应电流，图 22 的测量网络给出了人体阻抗，并且给出了加权值，根据 IEC 60479 - 1 以符合人体阻抗的频率特性（见图 25）。为了设计测量网络，假定在正弦、混合频率正弦和 50Hz 或 60Hz 的非正弦交流下，大约 0.7 mA 峰值即可感知。测量网络考虑到了较高频率的电流对人体的作用，并模拟了人体阻抗随着频率增高而降低的情况。

(2) 摆脱电流测量网络

摆脱电流是指人能忍受并能自主摆脱的*大电流。人体丧失摆脱能力是由于流过人体内部，例如通过肌肉的电流所致。但是，摆脱电流限值的频率效应不同于感知电流、反应电流或电灼伤电流的频率效应，特别是频率在 1 kHz 以上更是如此。图 23 的测量网络模拟了人体阻抗，并额外加权以模拟人体对电流的频率效应。该电流应能引起肌肉收缩，丧失摆脱可握紧零部件的能力。

6.6 III类灯具的接触电流

在我国国家标准GB7000.1-2007未规定 I I I 类灯具的泄漏电流，而*新****IEC60598-1:2008在相关章节似乎也未提及。事实并非如此，对于III类灯具，*新的****IEC60598-1:2008规定了在特定条件下，载流部件可暴露在外，其中就提到了接触电流的概念。具体章条如表10所示。

7 结束语

综上所述，上文主要谈及了LED直流电参数对灯具的影响以及标准中的关注点和发展动态。在实际产品中，LED作为灯具的一部分，除了这部分的考核可以借鉴本文的一些观点外，其余部分还是要关注相关标准的其他条款。本文主要谈了LED灯具防触电保护以及标准的影响，但我们知道LED不单单只是这方面，热学、光学、机械等都与产品息息相关。本文涉及到了很多现有标准的不足，写这篇文章的目的也是让更多的行业从业者引起对标准滞后及混乱的重视，尽快完善我国的标准体系，做好基础研究，共同努力使我国的LED健康、快速的发展，为我国照明产业的新发展添砖加瓦，为我国节能减排造福子孙的目标贡献力量。