

LED 支架防湿气结构设计方案分析

LED 支架是 LED 灯珠在封装之前的基板，起到保护固晶焊线和硅胶成型的作用，导通电路，并影响到光、电特性。支架结构性能的好坏直接影响到 LED 灯珠性能，目前很多灯珠死灯，经显微镜观察，灯珠内的芯片并没出现异常，而是连接芯片的合金线与金属基板脱离造成断路。如图 1 所示。

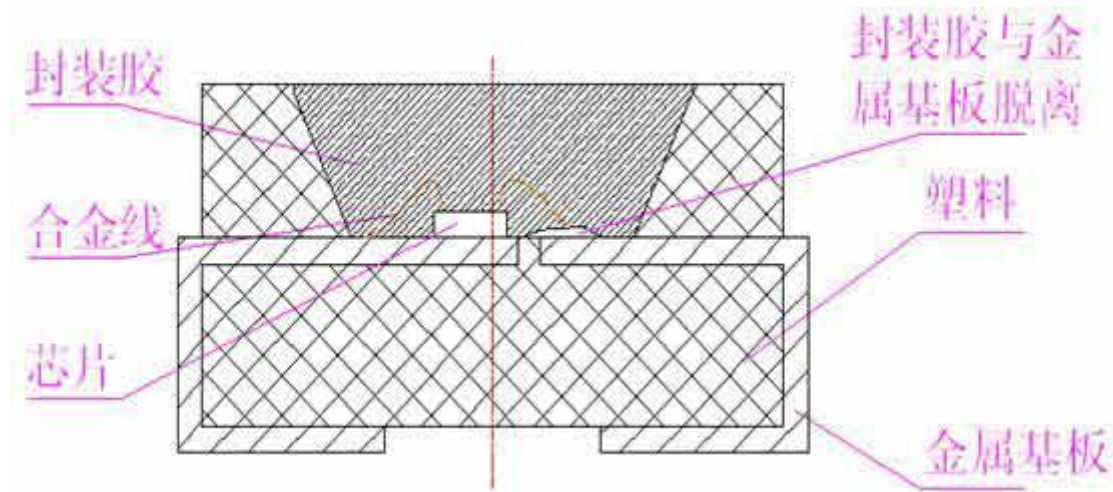


图 1：连接芯片的合金线与金属基板脱离造成断路

同时，发现造成此种现象的灯珠都是直接或间接地裸露在空气中点亮，空气中存在有水汽。由此可以推断出，LED 支架的防湿气结构做得不好，导致湿气渗入灯珠内，从而造成封装胶在 LED 灯珠长期点亮的环境下易与金属基板脱离，使得拔断焊接在金属基板上的合金线，从而形成电路断开。

随着全球光源市场对 LED 的需求越来越大，LED 灯珠的使用范围越来越广，使用者对 LED 灯珠性能的要求也越来越严苛。如果 LED 支架的防湿气结构设计的不好，不可避免的限制 LED 灯珠的使用条件、使用区域、使用领域等等。作为 LED 设计者和制造者，必定要在 LED 支架的防湿气结构上有所突破。

一、液体流动基础知识

流动液体的性质介于气体和液体之间。它一方面像固体，具有一定的体积，不易压缩；另一方面又像气体，没有一定的形状，具有流动性。流动液体由于惯性力，粘性力等影响，内部任意某处各个方向的压力不相等。

流动的液体在沿途中会受沿程阻力和局部阻力，由沿程阻力引起的机械能损失称为沿程损失，克服局部阻力的能量损失称为局部损失。全部的流动液体的能量损失等于各段的沿程损失和各局部损失的总和。

二、防湿气结构设计的五个要点

防湿气结构设计，顾名思义，就是要将湿气挡之于外，或者是使湿气在其内部停止流动。支架的塑料与金属基板是两种不同属性的材料，靠外力使两者粘接在一起，是属于物理粘接，即使肉眼上看不出其粘接瑕疵，但在几十倍的放大镜上，其界面上必定存有缝隙，如图 2 所示。这就决定了支架不能将湿气挡在体外，也就是说一定会有湿气渗入其内。因此，支架的防湿气结构设计，严格意义来讲，是依靠其内的相关结构设计减少渗入其内的流体。要使流体减少，也就是说，要使流体的所有能量尽可能地损失在各沿程损失和各局部损失上。

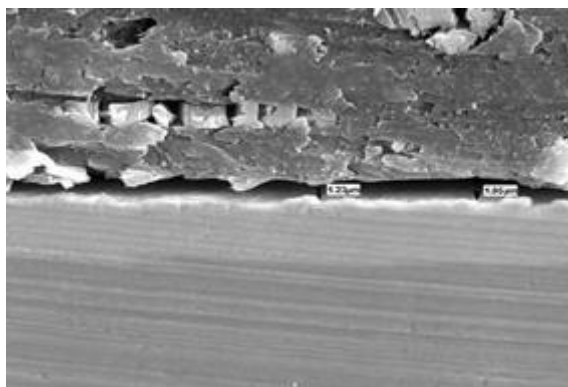


图 2：支架的塑料与金属基板“物理粘接”后的界面存在缝隙

以 TOP VIEW 型号的支架做个实验，将空支架浸入红墨水中，红墨水略掩盖在支架引脚上即可（注：如果要使实验效果更加明显，在红墨水中倒进酒精，比例 1：1 搅拌混合），5 分钟后终止实验。全过程用显微镜观察支架杯体内的情况。实验结论为：有些支架渗得快，有些支架渗得慢，有些支架渗得轻微，有些支架渗得严重。取某些做完实验后的支架，马上沿着塑料与金属基板的缝隙处用剪钳剖开，可发现金属基板的表面和边缘有红墨水痕迹。因此，由实验可总结出：红墨水渗入支架杯体内的途径有二，一为塑料包裹的铜材边缘处，二为塑料包裹的铜材表面处，且铜材正反面都有，后者比前者更为严重。

解析以上论断，可从三个方面解决问题：其一，寻求塑料与金属基板的最佳配合，这关系到材料学方面的知识，不在本文讨论范围；其二，管控塑料的注塑工艺，追求最佳的模温和压模时间，这关系到注塑工艺方面的内容，在本文也不做分析；其三，就是在金属基板作处理，也就是本文所说的防湿气结构设计。

防湿气结构设计的要点在于：

1. 尽可能延长金属基板边缘途径，且迂回折返，越曲折越好。
2. 尽可能减小金属基板与塑料的接触面积，当然这与热设计有冲突，两者需折中，或有所牺牲，寻求最佳设计。在这里，涉及到热设计方面不作详细分析。
3. 在金属基板表面尽可能作一些沟槽等挡水墙，增加金属基板表面的粗糙程度，增加液体的流动难度，当然，挡水墙形状越夸张越好，但考虑到制作难度和制作成本，适宜即可。
4. 减小金属基板进入塑料的端口面积，相当于减小了液体进入支架内的途径。

5. 尽可能把液体引到非支架杯体内。

三、七种支架防湿气结构设计方案的具体分析

伴随着模具行业的不断进步，冲压、钻铣、折弯、注塑工艺越来越能实现精密、复杂的设计构思，支架防湿气结构的设计内容不断更新，不断突破。设计人员追求的是产品的性价比，在把防湿气结构设计得很好的同时，也需要顾及到其它方面的性能，比如热、电、光性能，更需要关注到加工难度、加工成本。

围绕着防湿气结构设计的要点来考量，防湿气设计列出以下多种方案，并作综合分析其优劣性。

方案 1：金属基板平板型。金属基板不作任何处理，简单地区分出正负两个不同极性，如图 3。不加防湿气结构设计理念，加工成本低，但气密性差。此种支架做出来的灯珠，只保证能点亮，但在有湿气的地方使用，很快就会出现死灯。或者在灯珠外部涂上防水胶水方可使用，这也间接增加了客户端的使用成本。

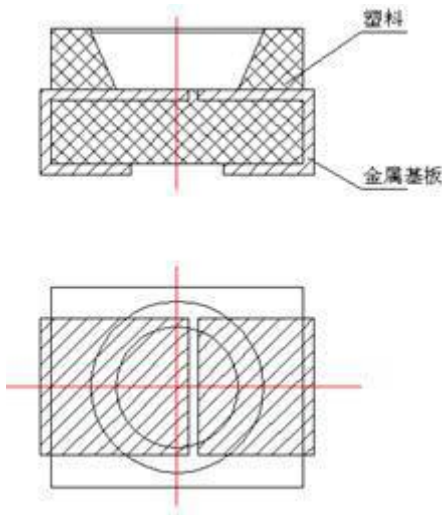


图 3

方案 2：延长金属基板边缘途径。现有的支架设计上，已经都加上了“延长金属基板边缘途径”的设计理念。如图 4 紫色圈。通过对金属基板边缘冲成不同程度的曲线，冲出越复杂的曲线，金属基板边缘线就越长，这大大加大了湿气由金属基板边缘渗入的难度。当然，金属基板边缘线处理得越多，加工成本就越高，同时也要求金属基板的性能要很好。

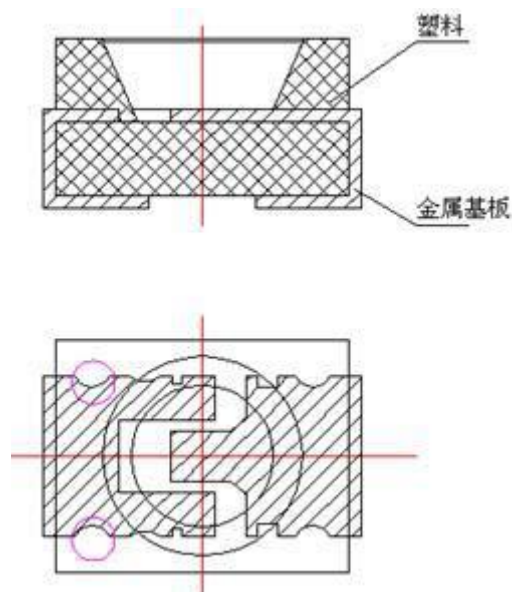


图 4

方案 3：塑料包裹侧引脚，现有的支架一般制作流程是：金属基板冲压成型→电镀→注塑→折弯切断。这样的弊端是，湿气在引脚侧边就可渗入。为了让湿气的渗入途径更长，塑料可将侧引脚包裹住，只露出底引脚，作为导电的焊脚。如图 5 紫色圈所示。支架的制作流程更改为：金属基板冲压成型→电镀→第一次折弯→注塑→第二次折弯并切断。这样，塑料很好地将金属基板包裹在里面。但从制作流程可看出，这样的方案更复杂。如果在金属基板第一处折弯处冲几个孔，效果会更加明显。当然，这也增加了加工成本。本设计方案在客户端的上锡过程中会造成难题，两边引脚的锡量如不均匀，很容易导致灯珠倾斜。

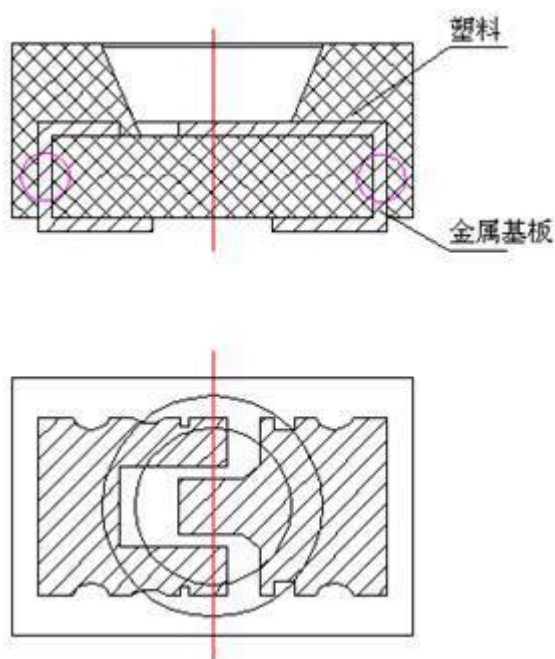


图 5

方案 4：减小金属基板与塑料的接触面积。现有的支架设计上，也都加上了“减小金属基板与塑料的接触面积”的设计理念。如图 6 紫色圈所示。通过在金属基板表面再冲出几个不同程度大小的孔，有方形、圆形等，孔越多，效果越明显。孔数量的多少这须由金属基板的性能决定。别处，孔位置的选择也较为关键，孔一般限定在杯体内重要位置的附近处，不宜设计在离杯体较远的位置。此方案的好处有二：一是上下的塑胶能够更紧密的接牢，把金属基板卡得更紧；二是减少了塑料与金属基板相结合的界面，更好地避免了塑料与金属基板存在的缝隙。这两个好处，都很好地起到防湿气渗入的作用。当然，这也增加了加工成本。

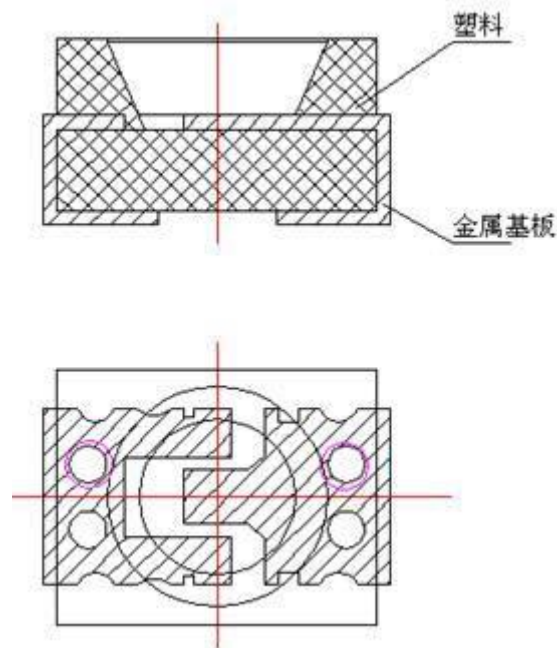


图 6

方案 5：增加金属基板表面的粗糙程度。现有的支架设计上，“增加金属基板表面的粗糙程度”的设计理念也较为普遍。如图 7 紫色圈所示。在理论上，本方案延长了湿气渗入金属基板表面的途径，并增加了湿气的流动难度。但是，如果金属基板表面的沟槽等挡水墙、麻点设计得太夸张，或设计不妥当，很容易造成反向效果，即增加了金属基板与塑料的接触面积，更易出现两者界面缝隙。因此，增加金属基板表面的粗糙程度应适可而止，在一定面积内应有一定比例，具体多少本文不作深入研究。

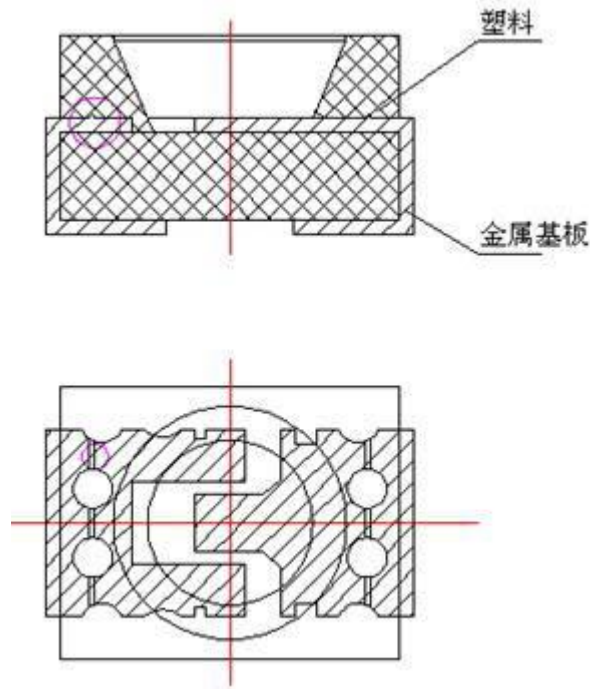


图 7

方案 6：非杯体内的金属基板不作电镀，或电镀得粗糙。按照“增加金属基板表面的粗糙程度”的设计理念，也可以非杯体内的金属基板不作电镀，或电镀得较为粗糙。一般电镀面比不电镀层更为光滑，这样塑料与金属基板会结合得更加牢固。但是，如在非杯体内不作电镀，金属基板在受潮高温的环境下，很易氧化，这样包裹在塑料里的金属基板生锈，造成两者界面更大的缝隙，时间一长，氧化区域会延伸到杯体内已电镀好的金属基板，造成的后果可想而知。如果在非杯体内电镀得粗糙，在杯体内电镀得光滑，这样电镀工艺较为复杂，制作成本也相应上升。因此，本方案不提倡。

方案 7：减小金属基板进入塑料的端口面积。理论上，在湿气进口端着手，减小其面积或端口，降低水汽渗入量，能很好地起到防湿气渗入的作用。如图 8 紫色圈所示。在金属基板的临进端冲出一个大孔，这样，成型后的支架，金属基板伸进塑料的那部分只剩两头。塑料包裹金属基板更为牢固，两者界面的缝隙在外观上观看，并不明显。但是，实验验证，这样做的实际效果并不明显。经分析，湿气渗入并不是定期定量地存在，而是存在于空气中，长期都有，即使湿气的渗入端口小了，但在长期作用下，也会最后渗入。

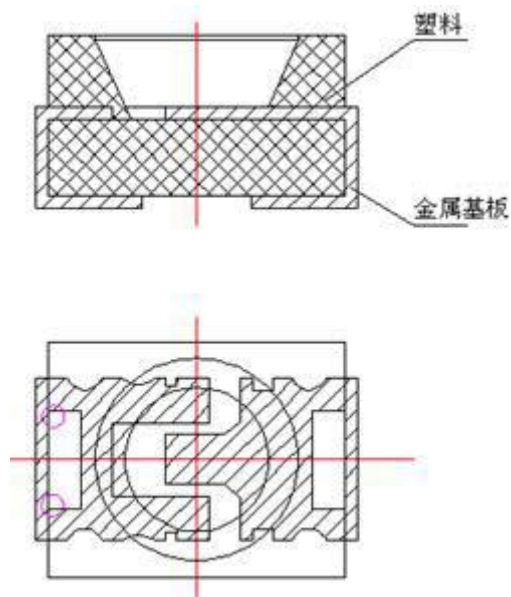


图 8

四、支架防湿气结构设计的另类猜想

基于防湿气结构设计的要点，可以有更加大胆的想法空间。

方案 8：假设不需考虑光线靠支架杯体内底部的高亮电镀层来反射（注：根据材料学及目前的电镀工艺，塑料的白度反射率为 0.92，电镀层反射率为 0.97），支架在注塑时，可以在支架杯体内底部也注塑一层薄塑胶，只留出固定的固晶区和焊线区，其余都用塑料封住。如图 9 紫色圈所示。这样，更加大延长了水汽的渗入途径。理论上，防湿气效果会更加明显。

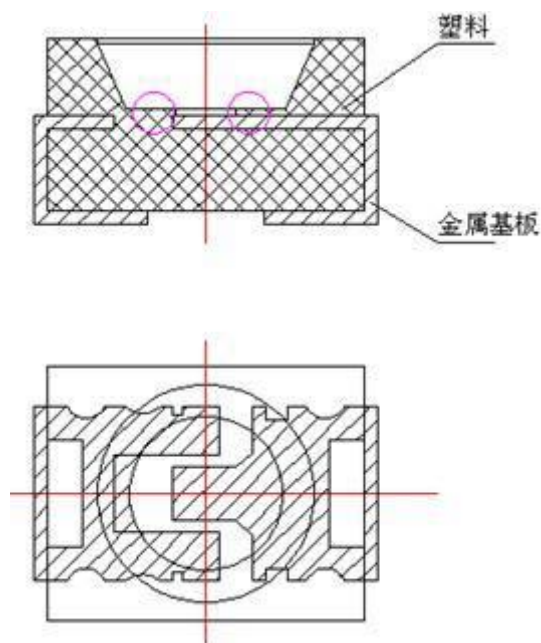


图 9

方案 9: 上述多种方案都是在“要使流体的所有能量尽可能地损失在各沿程损失和各局部损失上”的观点上设计的, 如果转变思路, 湿气渗入后, 考虑怎样把大部分的湿气转移到其它非主要部位。这样, 湿气虽有渗入, 但没有渗入到支架杯体内, 从而不会影响到最终成品的性能。

如图 10 紫色圈所示, 只设计一边焊线区, 另外一边不伸进支架杯体内, 而且, 伸进支架杯体内的部分尽可能多设计沟槽之类的挡水墙, 另一端不作规划, 尽可能简单。从液体的流动理论分析, 液体往往更易流向没有阻力的地方, 且是大部分。这样, 渗入的水汽大部分会流向图示 B 端, 很好地保护到图示 A 端部位不受湿气渗入。

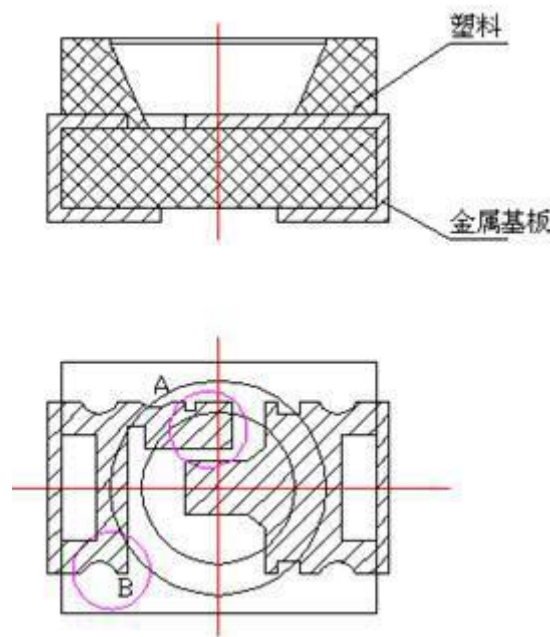


图 10

方案 10: 与方案 9 同样道理, 把支架外形做得更大, 需要在塑料内做更多的金属基板线路设计。如图 11 所示, AB 端为杯体内的主要金属基板, 为 LED 灯珠焊线区, CD 端为辅助金属基板。在 AB 端的金属基板线路尽可能多设计沟槽之类的挡水墙, 而在 CD 端不作规划, 尽可能简单。这样, 湿气更易渗入 CD 端, 且湿气容量较大。

但是, 要达到以上的理论效果, 渗入 AB 端与渗入 CD 端的难易度要相差很大倍数, 不然湿气还是会或多或少渗入 AB 端。由此可见, 本方案不仅在塑料上增加成本, 还应在金属基板处理上也要增加相当多的成本, 因此不宜提倡。

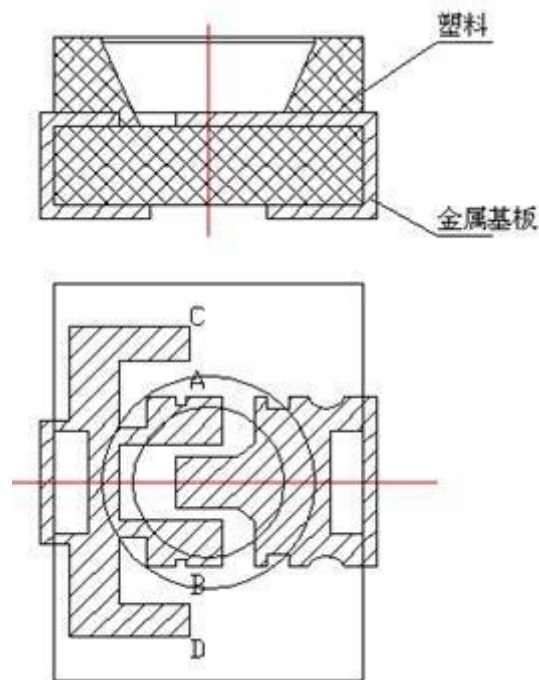


图 11

五、各设计方案对比

方案	加工难度	加工成本	对电光热等性能的影响	对客户使用影响	防湿气渗入效果	综合评估
方案 1	A	A	A	无	C	不建议使用
方案 2	B	B	B	无	B	建议使用
方案 3	B	B	B	有	A	特殊情况使用
方案 4	B	B	B	无	B	建议使用
方案 5	B	B	B	无	B	建议使用
方案 6	B	B	B	无	B	建议使用
方案 7	B	B	B	无	B	建议使用
方案 8	B	B	C	无	A	特殊情况使用
方案 9	B	B	B	无	B	建议使用
方案 10	C	C	B	无	B	不建议使用

（注：上以比较是 10 种方案的相对比较，并无绝对关系。加工难度由 A→C 代表易→难；加工成本由 A→C 代表低→高；对电光热等性能的影响由 A→C 代表效果好→效果差；防湿气渗入效果由 A→C 代表效果好→效果差。综合评估：建议使用是指多种方案可共同使用，特殊情况使用是指在某些特定要求下使用。）

LED 支架的防湿气结构设计，是在 LED 使用条件越来越严苛的情况下提出来的，且发展的很快。产品应注重性价比，不可一味地选择结构最优的设计而不去考虑成本、客户使用条

件等其它因素。单一的方案不能满足要求，在这里建议多种方案共同使用，这样不会因为结构的复杂而增加工序工种，加工成本也不会成倍上升，但却可实现效果倍增。

LED 行业具有带动性，可带动如模具行业、电镀行业、材料行业等的发展，而其它制造业某些技术的突破，也一定程度可为 LED 行业创新性的设计提供技术保证。相信在各种行业发展的互相影响下，LED 支架的设计方案会层出不穷，会有更可靠的技术保证，新思维构思也能得到实现。