

大功率 LED 路



本课题研究的内容

我国虽有多家企业开发发生是用小功率 LED 阵列作发光体，散热问题解决了，所用 LED 数量要很多，小功率 LED 光衰强，安装成本高；城市照明 LED 路灯采用大功率 LED 是发展的趋势，少数用大功率 LED 作发光体的路灯产品由于没有很好地解决功率达到一定量时，LED 的散热问题；LED 的散光和聚光控制问题；路灯在路面照射面的照度范围、型态和照度的均衡问题；光电转换效率太低，每瓦只有几个流明等问题。因此产品性能还不尽如人意；高性能的产品价位又居高不下，难以推广普及。

研究的技术路线和方法

(一) 光源的选择：

光源比较：传统照明光源主要有3大类：白炽灯、荧光灯和稀有气体放电灯。与这些光源相比，LED光源光效比较高，使用寿命长，采用安全电压供电，不含有毒重金属，，使用寿命长，采用安全电压供电，不含有毒重金属，显色指数高，而且属于新型光源，发展潜力巨大，是未来传统光源理想的替代品。表1为几种照明光源的性能比较。

表1 几种照明光源的性能指标

测试项目	白炽灯	荧光灯	高压汞灯	高压钠灯	LED
发光效率 / (lm-w)	16	70	50	100	50
寿命 / kh	2	8~10	6—20	24	50
显色指数	95	75	45	23	85
成本 / (8 -(klm))	0.4	1.5	5	5	20

驱动电路	简单	中	复杂	复杂	中
	价格低	价格低	价格高	价格高	价格低
安全性	一般	一般	差	差	高
可靠性	差	差	一般	一般	高
亮度可调性	好	差	好	好	好
方向性	差	差	差	差	好
环保性	一般	汞污染	汞污染	汞污染	好

注：白炽灯发光效率为30 w的数据

（二）散热是LED路灯要重点解决的问题。LED是冷光源，不象白炽灯那样产生灼热的高温，但是，LED本身耐温能力比较差，所以必须将发光管工作时产生的热量有效的散发到空气中去，保证芯片工作在安全的温度环境下，这样LED灯才能真正的体现出长寿命的优势。

LED的管芯和涂覆的荧光粉都是在几百度的高温条件下生产出来的，本身有一定的耐温能力。但是，LED的外壳和管芯之间存在热阻，这个热阻使LED在使用时外壳和管芯之间出现温差，管芯的温度会高于外壳温度。

由于发光管生产技术的进步，大功率发光管内部的热阻越来越低，目前1瓦的发光管的热阻普遍在15度/瓦以下，也就是说，给1瓦的发光管加1瓦的电功率，管芯比管壳的温度只高15度。按照目前发光管管芯材料的耐温水平，管芯温度不超过150度就能长期安全的工作。这样推算，外壳温度135度时可以安全使用。但是，由于外壳封装材料的限制，实际使用中的管壳温度最好不超过70度，这样管芯温度只有85度，发光管的透明封装材料也不会快速老化。长期稳定工作

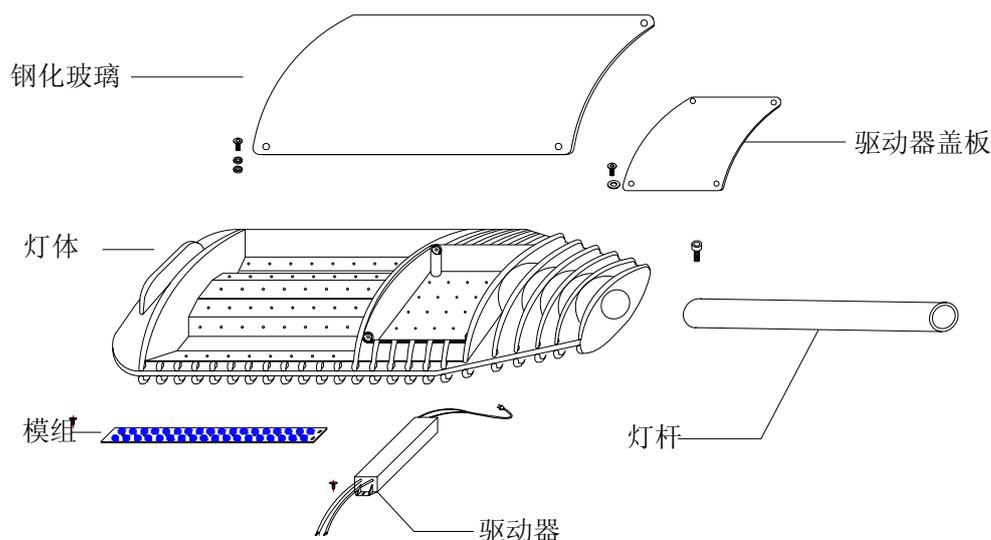
没有问题。因此，没有必要将半导体灯工作时的温度降得很低，但必须减小发光管外壳和灯体外壳之间的热阻，这样就可以以比较小的体积和比较低的成本生产稳定工作的半导体灯。

要有效的散热，减小灯的体积和生产成本，灯体必须有合理的散热结构。问题是怎样合理的把发光管产生的热量传导到外壳上，怎样有效的增大外壳和空气的接触面，并且有利于空气在外壳表面上的流动，就是灯体热结构设计要解决的问题。

（三）灯具结构设计研究：

1. 灯具结构：

a.组成结构：我们的 LED 路灯由铝合金压铸灯体，LED 模块，钢化玻璃透光罩，AC/DC 恒流驱动器，电器室盖板五部分组成。见下图：



b.功能结构：散热灯体，光源室，电器室三部分组成。见下

图：



2. 散热研究：

要做好 LED 路灯首先要做好灯具的散热，然而散热和灯具的安全防护又是一个矛盾，针对这对需要共生的矛盾我们做如下研究：

a. LED 加散热板与灯具防护研究：利用铝合金型材组合的路灯，我们将一块 AA6063；305mm×500mm 的平板散热器型材和不锈钢外框组合，将 LED 焊接在铝基板上制作成模块，在模块的底部涂抹导热膏用螺丝固定于铝合金型材散热器平板上，罩上 PC 光源外罩，连接驱动电源，完成 LED 路灯的设计制作。

该款路灯的热传导和散热效果均佳，能将 LED 所产生的热量迅速的传导到散热器上，再由裸露在空气中的散热鳍片散发到空气中，由流动的空气带走热量，但是由于整个灯具是由多个部分连接组合而成，产品一致性差，在防渗水安全上仅靠防水胶是极不可靠的，所以在防护等级上达不到（GB7000.1-2002;GB7000.5-2005）的要求。更主要的是所有的 LED 均安装在一个平板上，无法对灯具进行合理的配光，

在实际使用中该款路灯的照明半径无法满足路灯的照明范围，而且外观呆板，故本方案不成熟不宜采用。见下图：

b.传统灯壳改制的 LED 路灯存在的问题：利用传统路灯灯头改制的 LED 路灯，虽然采用了铝型材做散热器，将整个光源和驱动电路装入铝合金灯壳中，虽然解决了灯具的防护等级问题，但是整个光源是在密闭的灯壳中，灯具工作中所产生的热量无法散发到空气中带走，导致 LED 模块和驱动电路在极恶劣的环境中工作，工作温度急剧升高，LED 随着温度的升高而出现死灯和光衰，驱动器也因温度超过而烧毁，大大降低了灯具的可靠性和使用寿命。故此方案是不成熟的。要做好 LED 路灯简单的用传统灯头装入 LED 光源是行不通的。见下图：

LED 带散热器装入传统灯壳的 LED 路灯

以上两个方案都是无法同时满足散热与防护问题而失败，为此我们进行下列的进一步研究。散热问题与产品的防护等级是一个矛盾，这是一个行业性的难题，项目产品在不降低产品的密封性和防护等级的前提下，又要保证良好的热传导，对流，发散，我们进行了如下的研究：

c. 散热材料的选择：为了做好 LED 路灯，首先我们对散热材料进行选择，目前散热器所采用的基本为金属材料，这主要出于三方面的考虑：

①导热性能好——相对其它固体材料，金属具有更好的

热传导能力；

②易于加工——延展性好，高温相对稳定，可采用各种加工工艺；

③易获取——虽然金属也属不可再生资源，但供货量大，不需特殊工序，价格也相对低廉；依此确定了散热片所用材料类型，具体种类的确定同样需以此为标准。下表为散热片惯用材料与常见金属材料的热传导系数。

金属材料	热传导系数
金	317 W/mK
银	429 W/mK
铜	401 W/mK
铝	237 W/mK
铁	48 W/mK
AA6061 型铝合金	155 W/mK
AA6063 型铝合金	201 W/mK
ADC12 型铝合金	96 W/mK
AA1070 型铝合金	226 W/mK
AA1050 型铝合金	209 W/mK

上表中热传导系数的单位为 W/mK，即截面积为 1 平方米的柱体沿轴向 1 米距离的温差为 1 开尔文（1K=1℃）时的热传导功率。

热传导系数自然是越高越好，但同时还需要兼顾到材料的机械性能与价格。热传导系数很高的金、银，由于质地柔软、密度过大、及价格过于昂贵而无法广泛采用；铁则由于热传导率过低，无法满足高热密度场合的性能需要，不适合用于制作高性能散热片。铜的热传导系数同样很高，可碍于

硬度不足、密度较大、成本稍高、加工难度大等不利条件，在散热片中使用较少。铝作为地壳中含量最高的金属，因热传导系数较高、密度小、价格低而受到青睐；但由于纯铝硬度较小，在各种应用领域中通常会掺加各种配方材料制成铝合金，为此获得许多纯铝所不具备的特性，而成为了散热片加工材料的理想选择。

各种铝合金材料根据不同的需要，通过调整配方材料的成分与比例，可以获得各种不同的特性，适合于不同的成形、加工方式，应用于不同的领域。上表中列出的 5 种不同铝合金中：AA6061 与 AA6063 具有不错的热传导能力与加工性，适合于挤压成形工艺，在散热片加工中被广为采用。ADC12 适合于压铸成形，但热传导系数较低，因此散热片加工中通常采用 AA1070 铝合金代替，可惜加工机械性能方面不及 ADC12。AA1050 则具有较好的延展性，适合于冲压工艺，多用于制造细薄的鳍片。

通过以上分析我们确定了采用 AA1070 选择一次性压铸成型来实现灯体的制作。

d、采用一体化铝合金压铸 LED 路灯设计思路：

①、散热灯壳研究：

根据道路照明灯具的功能需要及灯具的防护安全等级的规定，我们将整个灯具分成三部分来设计，整体散热外壳。光源室，电器室，选择 AA1070 铝合金压铸一次性成型。

散热片的散热效果主要取决于散热片与发热物体接触部分的吸热底和散热片的设计。性能优秀的散热器，其性能应满足三个要求：吸热快、热阻小、去热快。

吸热快：即吸热底与 LED 模块间热阻小，可以迅速的吸收其产生的热量。

为了达到这种效果，就要求吸热底与 LED 模块结合尽量紧密，令金属材料与 LED 模块直接接触，最好能够不留任何空隙。

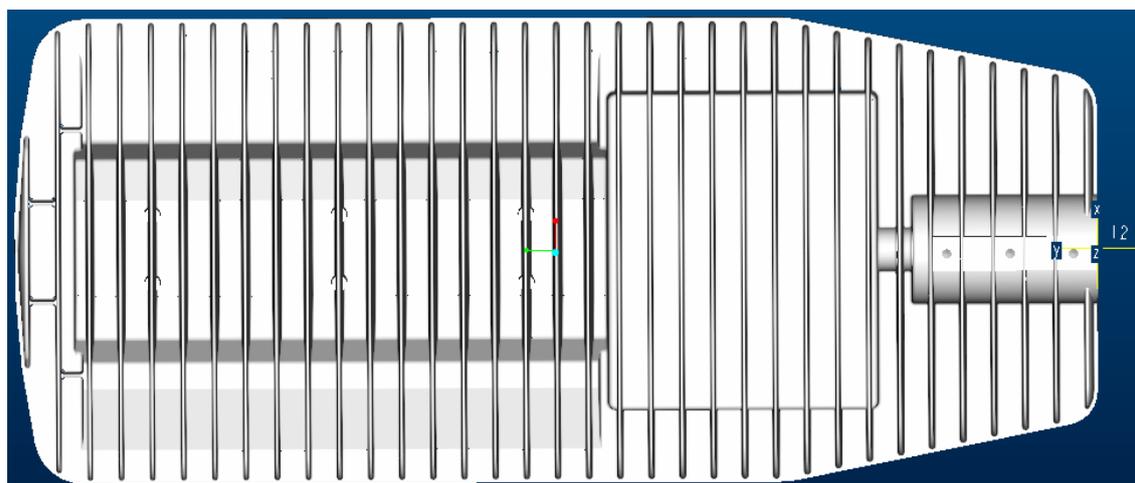
散热器的整体热阻就是由与 LED 模块的接触面开始逐层累计而来，吸热底内部的热传导阻抗是其中不可忽视的一部分。为了将吸收的热量有效地传导到尽量多的鳍片上，因此还需要吸热底有较好的横向热传导能力，我们在设计灯具时首先满足吸热底有足够的厚度，同时考虑 LED 模块的安装孔位进行加筋，也加强了灯具的整体性和机械强度。

热阻小：为了提升吸热能力，希望散热片与 LED 模块紧密结合，不留任何空隙，压铸出来的表面这是无法实现的。吸热底与 LED 模块之间必然存在一定的空隙，如果空隙中是高热阻的空气，就无法得到良好的导热效果，因此，应采用具有较低热阻及较佳适应性的材料填充其中的空隙，这便是导热膏的用武之地。但导热膏的热阻始终要高于加工散热片的金属材料，使用它只是权宜之计，并非真正的解决之道，要想根本上提高散热片吸热底的吸热能力，就必须提高其底

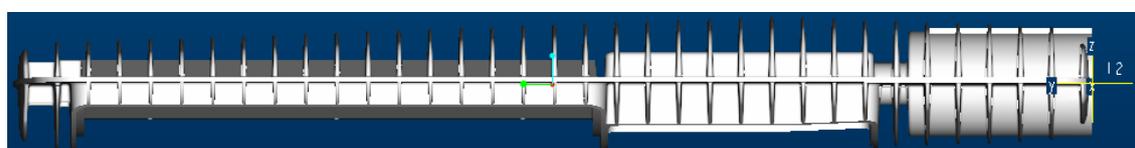
面平整度。平整度是通过表面最大落差高度来衡量的，通常散热片的底部稍经处理即可达到 0.1mm 以下，采用铣床或多道拉丝处理可以达到 0.03mm，散热片的吸热底越平整热阻越小，越有利于热量吸收，但由于无法做到完美，涂抹导热膏成为了 LED 模块安装到散热器的必须步骤，从而达到吸热的最佳效果。

去热快，由于我们将 LED 模块的吸热底和散热鳍片压铸成一体，即能够将 LED 组吸收的热量迅速的传导到鳍片部分，整个灯体和散热鳍片上部是裸露于空中的，而且我们的鳍片的方向是平行于道路，需要散发的热气与气流方向一致，不会因气流而形成涡流而造成热气的滞留，进而由流动的气流顺利带走而散发，以最快是速度将热量散发。

下图为灯体的上部和侧面的设计结构：



灯体上部散热片分布图



灯体侧面散热片分布图

由于我们在灯体的设计上对整个灯体的上部无任何开口，整体的加工为铝合金一次性压铸成型，在整体的上部不存在渗水和防尘的烦恼，仅对灯体向下方向的光源室和电器室进行防护即可，这样防护问题就简单了，只需采用硅橡胶条进行防水防尘，就能达到 IP65 的防护等级。

通过以上的研究我们开发的一体化 LED 路灯散热灯头，具有吸热快，热阻小，散热顺畅，防护等级高，机械强度好的优点。能将 LED 模块结温控制在摄氏 60 度以下，这在 LED 应用照明上具有突破性意义，将 LED 照明从可能变为可以。

②. 光源室配光研究：

LED光源之所以适合用于局部照明，是由于LED模块在生产时就可以制作成各种发光角度和各种功率的产品，利用特定发光角的光源做局部照明可以使光源发出的光得到更有效的利用，和传统的不便控制发光角度的光源相比，可以用比较小的功率达到同等要求的照明效果，因而实现节能的目的。

路灯主要是为了照亮路面，因而属于局部照明。对路灯产品来讲，与车灯、电筒等产品的光照要求不同，光束要求有一定的范围，市场现有的产品一般采用透镜来解决这个问题，不同特性的 LED 管配用不同曲光度的透镜，互换性不好。为解决这个问题，我们的产品独辟蹊径，光源室采用内置导光多角度平面合理组合的方法解决，成本低，可适用于不同 LED 管（不同 LED 管，发射角不同，只要选择不同的导光面

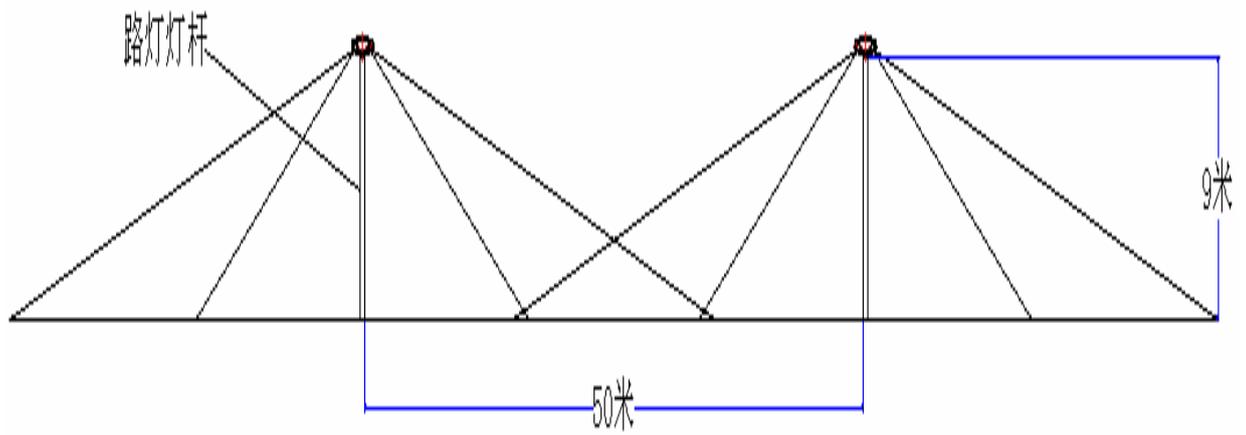
的安装 LED 模块即可以改变出光的角度)。另外, 其出光是一规则的长方形照射面。其照射面更宽, 而且亮度增大, 路面照射均匀。

路灯在路面照射面的照度范围、型态和照度的均衡问题采用在不同的内置导光面安放不同功率的 LED 模块, 使整个照度范围内地面的光强大至均衡。

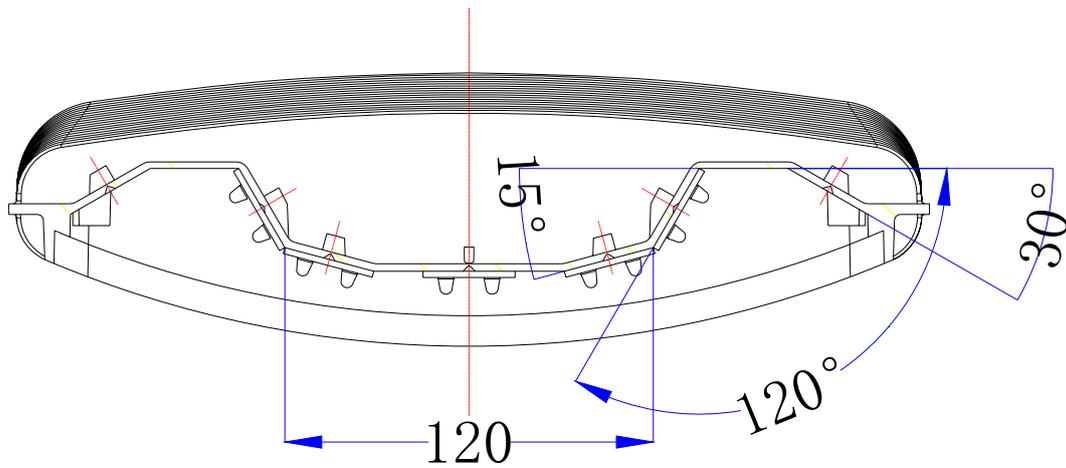
由于采用了以上光的导向思路, 使得该产品具有更好的照明效果。

我们的 LED 路灯配光和结构所采用的具体技术方案是: 大功率 LED 路灯由带散热片的灯体、LED 模块、透光罩、盖板、密封胶条组成; 散热壳体一面上的一端设有一个光源室, 在其光源室的凹口周边配装有钢化玻璃透光罩, 在散热灯体的光源室内设有五个不同角度的模块安装面, 在光源室的导光安装面上按不同的配置需要安装 3~5 个不同的 LED 模块单元并按 “” 或 “” 形式安装。

上述的呈 “” 或 “” 形式安装可以是两侧照明单元所采用的 LED 模块功率比中间照明的 LED 模块功率大。用多种功率组合的 LED 模块组成的 LED 路灯, 利用其光的导向性可以有效的控制光线的分布范围, 使 LED 模块发出的光成为一个长条形光带沿路面方向铺展,



灯头配光结构图



路灯安装光源照射分布示意图

光的导向是做好LED路灯的重要环节。为了有效的利用光线，应该发挥发光管照射方向便于调控的优势，使发光管发出的光形成一条光带铺在路面上，而不要在无效方向上散射。要做到这一点，结构上的办法是用多种功率的LED模块组合，按 “” 或 “” 形式安装。分别兼顾不同的照射距离。分别用于照射附近路面，中距离路面，远距离路面，使LED输出的光均匀的覆盖两盏灯之间的半距离路面，覆盖宽度基本上和路面宽度吻合，这样就可以用比较小的功率有效的照亮道路。这就需要很好的设计这几组

LED模块的安装角，解决光的导向。

实践证明，这样制作的 LED 路灯 96 瓦左右的功率就能超过 150 瓦钠灯对路面的照明效果，以 128 瓦左右就能达到 300 瓦的照明效果，节能效果显著。

技术参数：

表 1. JN -96B 路灯技术参数（等效 150W 金卤灯）

序号	JN -72B 路灯（等效 150W 金卤灯）	性能指标
1	光源	超高亮白光 LED
2	功率	96W
3	色温	4000K-6000K (色温可根据需要调配)
4	显色指数	80
5	照度范围	40m X 10m（可根据灯杆间距调整）
6	平均照度	>15 勒克斯(照明效果等同于 150 瓦高压钠灯或卤素灯)
7	灯杆高度	6-8m(可根据客户需求定制)
8	电源	输入电压交流 AC/190V~250V 50HZ
9	适应温度	-40℃~85℃
10	适应湿度	≤95%
11	使用寿命	>30000 小时
12	防护等级	IP65

表 2. JN-108B 路灯技术参数（等效 250W 金卤灯）

序号	JN-108B 路灯 （等效 250W 金卤灯）	性能指标
1	光源	超高亮白光 LED
2	功率	128W
3	色温	4000K-6000K (色温可根据需要调配)
4	显色指数	80
5	照度范围	40m X 10m（可根据灯杆间距调整）
6	平均照度	>20 勒克斯（照明效果等同于 250 瓦高压钠灯或卤素灯）
7	灯杆高度	6-9m(可根据客户需求定制)
8	电源	输入电压交流 AC/190V~250V 50HZ
9	适应温度	-40℃~85℃
10	适应湿度	≤95%
11	使用寿命	>30000 小时
12	防护等级	IP65

