

灯泡-世界城市照明的未来，智能-未来城市照明的世界

LED 无疑是当今世界照明产品光源的首选，但由于 LED 的固有特性，对工作温度要求比较苛刻，LED 灯具的散热问题一直困扰着行业人士。虽然大家都知道 LED 灯泡重量轻、标准化程度高、装卸简单易为，但同时也清楚并不是所有的照明产品都可以使用 LED 灯泡，比如说路灯、工矿灯、泛光灯等大功率 LED 照明产品很难利用市面上的小功率 LED 灯泡。

目前，路灯等大功率 LED 产品基本上采用沉重的铝质散热外壳+灯珠铝基板+恒流电源的技术方案，体积大、分量重、成本高是这类大功率 LED 灯具的显著特点，且铝制品的成本占到灯具成本的一半以上。一家上市公司的技术总监深有感触的说：“我们说是造灯的，其实就是卖铝的.....”。一直以来，很多公司积极投入大功率 LED 路泡的研发，以便直接替换传统光源，但困难重重，我们公司也是其中之一。

PHILIPS 公司在 2018 年法兰克福展上推出了一款 37W 的 LED 路灯泡，采用散热鳍片、热导和高效 LED 技术，但因热量仍堆积在发光腔内而无法转移到灯具体外，所以功率受到极大限制，应用范围受到很大的局限。虽然该灯泡从外形上看有点特别，但是有业内人士评价说“这个灯泡骨子里还是中山货”。对这类评价我不敢苟同，除了 PHILIPS 灯泡的独到技术非一般“中山货”可比，最重要的是这个灯泡的表征意义深远，毕竟路灯大功率 LED



图 1 2018 年 PHILIPS 最新推出的 37W 路灯泡

灯泡问世了。

一、路灯泡和 LED 路灯照明能力虽然一样，但意义大不相同。

(一) 壳源一体化的 LED 技术方案纯属无奈之举

有史以来，光源和灯壳一直是分开的，爱迪生发明了灯泡并不包含外壳，灯具外壳起到的是保护、配光和美化的作用。不管是白炽灯、低碘钨灯、压钠灯、高压钠灯还是无极灯等等，光源都是独立于外壳的。而到了 LED 时代，情况发生了根本性的变化，光源一体化成为趋势，其原因是 LED 的工作温度要求很低，一般在 75 度以下，如果不把灯具外壳参与散热，LED 工作热量无法良好疏散，产生热堆积并提高光源工作温度，直接影响 LED 光源寿命。



图 2 一只 72W 重 7.5Kg 的 LED 模组化路灯

因为壳源一体化，框定了灯具的外壳必须是热的良导体，并且一定要有着各类奇形怪状的鳍片，限制了灯具设计者的多元化设计思路。因为壳

源一体化，买光源必须就要买灯具，原来的灯具再好、再美观也必须放弃，只有买上一个工业味道十足、千“具”一面的灯具换上，将原有灯具依依不舍地扔掉。因为壳源一体化，你必须多掏腰包，即便你清楚 LED 光源本身价值很低，但你不得不把他的笨重的铝质盔甲也一并买上。因为壳源一体化，你的灯具永远都不能“减负”，灯具质量越好、功率越大，重量就越大，你也随之买更多的铝材回家。我们不禁哑然失笑，我们是买灯的还是买铝的？

（二）“壳源分家”的工作一刻也没停

我们国家是世界 LED 球泡灯、LED 日光灯管的最大生产国和产品出口国。据高工产研 LED 研究所(GGII)统计，中国 LED 球泡灯 2016 年产值 334 亿元，2017 年产值 450 亿元，2020 有望达到 746 亿元。与此同时，2018 年前三季度中国 LED 灯管出口总额 10.91 亿美元。而 LED 球泡灯和 LED 日光灯管是典型的“壳源分家”的 LED 产品代表。

LED 球泡灯和 LED 日光灯管是小功率光源，壳源分家比较容易。但是碰到路灯等大功率 LED 场合，“分家”确实很难。以总功率 100W 的 LED 路灯为例，以 100W 输入功率的

电源转化效率 95%、光电转换效率 35%计算，该灯具的热功率约为 66.75W，当环境温度为 25 摄氏度无对流条件下时的散热面积要达到 0.25 平方米以上方能保证灯珠正常工作温度。因为散热面积大，所以灯具的体积就大；因为要将热量快速疏散，要



图 3 一只 T8 X600 LED 日光灯管



图 4 一只 7W LED 球泡

求散热件的热阻尽量小，相应的截面积就要大，总体上来讲，要求灯具体积大、重量重。

(三) “壳源分家”造就大功率 LED 灯泡，大功率 LED 灯泡保护城市照明文化

可以想象，如果 LED 灯具不再是一体化的笨重灯头，节能照明世界将又是另外一番风景。首先，消费者的花销小了，消费者不会再为买灯泡而必须捆

绑买铝，买光源就是买光源，花费将大大降低。其次，不因换 LED 灯具节能而丢弃原本好端端的灯具外壳，更好地保护刻印城市历史的照明文化。再者，灯具灯杆间的相生相依不被打破，城市灯杆不会因节能需要而牺牲外观和色彩。另外，安全系数提高了，本来需要在老灯杆上套上 10 多公斤重灯头，但使用 LED 灯泡后灯头重量不增反减。最后，LED 灯泡将是市面上大功率 LED 灯具环保隐患终结者，目前的 LED 路灯泡虽然还是以铝、铜散热介质为主，但是单瓦使用量是市面上 LED 灯具的 $1/20$ 左右，也是制造高耗能三价铝用电量的 $1/20$ ，这对环保的贡献是无容置疑的。随着下一步 LED 灯泡的高导热陶瓷、纳米碳球技术、平面真空热导技术的应用，其环保价值将越来越大。

二、智能化势在必行

LED 路灯智能化步伐在加快，城市物联网智能控制系统把城市路灯予以网联，管理者足不出户可以全盘了解到城市每一盏路灯运行情况，知晓整个城市照明系统的用电情况和故障多发点。与此同时，也可以通过网络对任一盏路灯进行远程控制，或者以路和区域为单位进行集群化的策略控制，

除了控制开关之外，还可以分时段对亮灯功率进行控制，实现峰谷亮灯有别，通过二次管理节能以达到最大化的节能效果，我们称之为“二次节能”。LED 路灯泡在设计之初就已经考虑了这类新技术的应用，并相应融入了一系列的智慧功能。

（一）远程控制技术

现在的城市路灯控制末端是单灯控制器，控制网关是集中管理器，集中管理器通过应用 ZIGBEE、OPTIM、ROLA、NB 等协议向下物联，通过 GSM、GPRS 等无线通讯技术与后台交换数据，后台系统是整个物联网系统的“大脑”，负责收集、处理各类照明信息和下派指令，它根据预设的程序或运算的结果对各盏路灯进行远程操控。

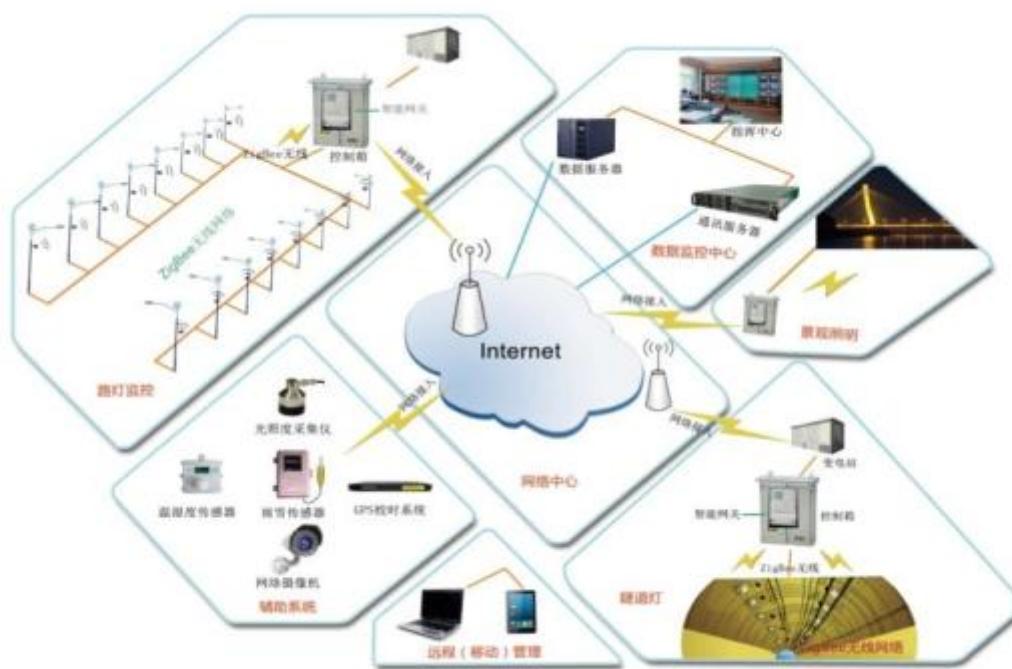


图 5 城市照明无线控制系统拓扑图

首先，智能 LED 路灯灯泡首先需要把单灯控制器集成在灯泡内，业内人士都清楚，一个路灯单灯控制器的体积远大于一个手机，价格 200-300 元左

右。为了最大化地降低体积和减少成本，必须从头到尾大刀破斧的革新，方可在一个路灯泡内放得下这么一个“庞然大物”。

其次，信号接收传输方面必须适用市面上多种通讯协议；在接口识别上，可自动根据接口控制信号（如电压控制方式和 PWM 控制方式等）切换不同的信号处理模式，这些方面都有大量的工作需要去做。否则，将难以在方寸之间解决该技术难题。

（二）自控制技能技术

并不是所有的路灯都需要接入后台，也不是所有的路灯都可以接入后台。比如一条支路、一个小区、一个企业或一所学校，可能只有几十盏路灯，且没有后台可以接入，如何实现节能呢？

智能 LED 路灯灯泡通过给每一个灯泡安装“大脑”，妥善地解决了这个问题。每一盏灯泡都内置 5 种以上节能模式，包括“主干道模式”、“次干道模式”等等，为了方便操作，配备专用的 15M 距离红外遥控器进行节能模式切换，操作者对某种节能模式不满意时，可在路灯下方简便地切换到满意的节能模式。灯泡自亮灯时间开始进行计时，根据设定的模式节能策略进行峰谷调节亮灯功率，在没有人为干预情况下一直周而复始，默默地实现自我节约。



（三）感知能力

2018 法兰克福照明展围绕照明系统的“互联-安全-便捷”主题，高度关注灯具“日常生活智能化”和“审美与实用的和谐”，感知能力将是现代灯具必不可少的新技能。

智能 LED 路灯灯泡集成了雷达、红外感应接口，并可扩展视频接口。每个灯泡的雷达、红外通过感知外界物体的存在和运动情况，将信息发送给集中处理器，集中处理器根据每个灯泡传递来的信息综合分析运算，进一步提供针对性的照明方案，这是最大化节约电能的方案之一，特别是在广大的农村道路、人烟稀少的路段可以实现 95%以上的节能率。对于更特殊的场合，灯泡可以拾取感知存在情况下周边环境图像或视频，发送到集中处理器本地存储，对于必须或紧要的图像视频数据，可借助集中处理器的网关功能发到后台进行图像识别或比对。

当然，灯泡还可以将所处环境的温度、湿度、PM2.5、噪音、风速等等环境数据进行收集，成为城市系统的感知细胞单元，这些大数据为城市管理者提供更准确、更全面的数据支持。

三、这种国产大功率 LED 智能路灯泡将改写历史

市面上的各类 LED 灯泡最大的痛点在于功率，因为大功率意味着高热量，高热量意味着高温度，但 LED 灯珠、电源系统也都“怕热”。即便是 PHILIPS 今年最新推出的大功率 LED 路灯泡也只有 37W，这与功率动辄一、二百瓦的 LED 室外照明产品相比，功率上相去甚远。



图 7 一只 LED 大功率智能路灯泡

(一) 降耗

大功率灯泡的核心问题其实就是温度问题，只要温度能降下来，多大的功率都可以做。如何降温？

1、高亮 LED 技术。通过提高光电转换率降低电热转换，首先将灯珠单瓦光效提高到 150LM 以上，再通过合理地降低灯珠工作电流进一步提高光效到 190-200LM/W，这时把光电转换率提高到 40%以上，把电热转换降低到最低水平。

2、提高电源效率

提高电源效率的目的也是降低电热转换率，把电源效率提高到 96%以上，不让电源单元系统的发热源。

(二) 提高抗温能力

利用倒装芯片技术、高结温 LED 半导体技术、高温显粉凝胶等等多措

并举，将 LED 灯珠的工作耐温由原来的 75 摄氏度提高到 120 摄氏度。另外，对于整个系统的半导体芯片、电容等敏感器件的选型上，都要大幅度提高耐高温能力，同时进行有效的物理降温，整个电源及控制系统耐温水平控制在 80-100 摄氏度的范围。

（三）散热

传统路灯腔体分成两个：一个是电源腔体（外壳），另一个是光源腔体（反光罩），光源是放在光源腔体内的，这个腔体为了保证空间洁净度，它与外界相对隔绝且不进行空气交换。现在市面上见到的 LED 路灯泡，包括 PHILIPS 的 37W 路灯泡的设计理念是把灯泡整体放在这个腔体内工作的，路灯泡工作时产生的热量被该腔体包裹着，除了辐射和热传导散热外，没有对流散热的可能，所以该设计方案的 LED 功率受到很大的局限。经过我们推算，这种散热模式的设计功率上线为 50W，根本满足不了动辄上百瓦 LED 功率的城市照明需求。



图 8 传统路灯头的两个腔体

1、热导技术。因为光源腔体的热容局限，导热能力不足，所以通过利

用热导管技术有效地将 LED 发热量快速地导出光源腔体，不让热量在光源腔体内堆积。

2、强制对流散热。强制对流散热说白了就是风扇散热，但风扇的寿命十分关键，大家都知道磁悬浮散热风扇理论寿命大于 10 万小时，这是散热风扇的不二之选。与此同时，还要利用纳米技术、防静电技术有效地解决到风扇扇叶的灰尘吸附问题。

因为发光腔体对洁净度的高要求，不允许对流散热的空气流污染该腔体，所以发光腔体内不能直接放置风扇与外界进行热交换，必须经过科学合理的风道设计，使对流空气“外进外出”，在灯泡结构内部实行热交换。

3、热辐射技术。发光腔体虽然不允许进行空气交换，但是辐射散热是允许的，虽然玻璃对红外辐射有一定的阻隔，但是铝质反光罩进行了有效弥补。为了提高铝质表面的热辐射能力，必须对灯泡表面进行提高辐射能力处理，通过纳米涂层的使用，可提高 40% 左右的热辐射能力。

4、自动温控和热保护。极端天气下的环境温度可能达到 40 多度，热辐射、热对流和热传导的能力大受影响，这是必须采取必要的保护措施降温，最有效的办法就是降低发光功率。灯泡在电路设计时预设了“功率-保护温度曲线”，切实保证极端情况下的温度控制。

（四）替换

大功率 LED 智能灯泡实现直接替换高压钠灯必须具备几个条件：1、接口尺寸相同；2、配光曲线相当；3、不需更改原有线路；4、价格相当；5、智能化后台支撑。

为了满足以上必要条件，在灯泡的机械结构和电气布局上进行了大刀阔斧的创新性设计，且取得 3 项国家发明专利和近 10 项实用新型和外观专利。为了满足诸多小用户的需求，我们专门提供了小客户入网后台，小用

户可以通过桌面 PC、PAD 和手机进行便捷化控制操作。

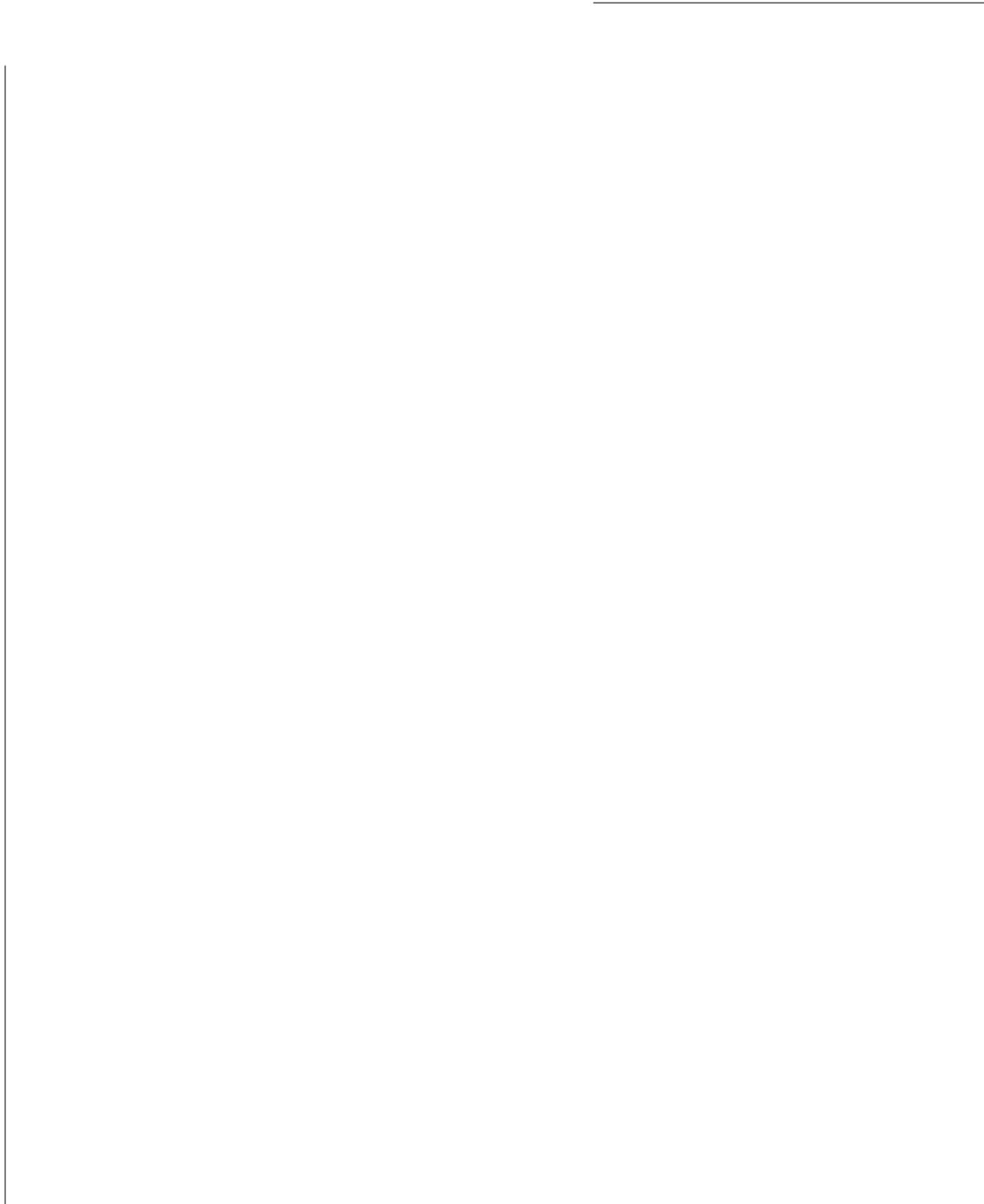


图 9 灯泡直接替换传对比表

基于以上的技术方案，目前国内已经实现了可直接替换高压钠灯的 60W 、 90W 、 120W 、 150W LED 智能化 LED 大功率路灯泡的批量生产和实装。因 LED 灯泡具有标准化程度高、适应性强、便于批量自动化生产、方

便安装维修、成本低的诸多优点，其必将掀起大功率 LED 产品市场的行业革命。

四、市场需求

据《2013-2017 年中国风光互补路灯行业发展前景与投资预测分析报告》数据显示，我国现有城乡路灯总数约有 2 亿只，并以每年加 20%的速度增长。从全球范围内看，据不完全统计全球路灯保有量近 10 亿盏，目前 80%以上的路灯仍使用高低压钠灯、卤素灯等传统光源，也就是说近 8 亿盏路灯仍处于非智能化、高耗能的运行状态。按照每盏传统路灯平均功率 200W 计算，全球仍有 1.6 亿千瓦的高耗能路灯在运行，这部分路灯的年耗电为 7000 亿度，按照中国的电费标准计算，年耗电费用 5000 亿元人民币。

如将这部分路灯全部更换为传统的 LED 路灯，按照每盏路灯 1000 元计算约需要 8000 亿元人民币。而一盏智能 LED 路灯泡的市场价格约为 200-300 元人民币（堪比传统高压钠灯的价格），节能效果较 LED 传统路灯还要节约 40%以上的电费，所以它的价格优势和市场潜力是显而易见的，且使用 LED 灯泡时不需要更换掉原来的灯壳，节省了大量的灯壳成本，这些灯壳同样也需要耗费大量的铝材料来制造，从某种意义上讲也节约了大量的生产能耗。

中国无疑是 LED 生产大国。从全球占比来看，中国 LED 芯片占全球比重已经由 2013 年的 27%提升至 2017 年的 37.10%。仅 LED 球泡灯和 LED 日光灯管两项，总产值占到全球 55%以上，出口也是世界第一。但通过对 LED 核心技术进行分析发现，无论是晶片技术、高性能 IC 技术还是设计能力，我们还处在较低的发展水平，千人一面、简单复制的心态充斥着整个行业。中国产业需要创新，中国的 LED 更需要创新。