**汽车前照灯应用HB LED的几个关键问题探讨**

　　高亮度发光二极管（下称HB LED）作为光电半导体器件，已经广泛应用到指示、显示、照明等领域。业内人士普遍预期HB LED将在汽车照明领域得到普遍应用。当前，在汽车照明与信号灯具方面，如转向灯、牌照灯、刹车灯等方面确实有较多车型已经应用了LED灯具，但在前照灯领域的应用至今依然鲜有，仅奥迪A8L等极少数车型采用。此现状与普遍预期的差距固然有材料成本因素，但是HB LED单模块功率不足和大功率应用热管理要求高这两个技术瓶颈仍是未能广泛应用的关键。笔者通过深入了解现代汽车对前照灯的性能要求，就以上两个关键问题进行一些探讨。

　　**前照灯应用HB LED的优势**

　　LED从上世纪50年代诞生到现在经历了过半个世纪的发展，适用于照明的高亮度白光LED于90年代中后期取得突破，十几年来拓展HB LED的应用一直都没有停止过。HB LED应用到汽车前照灯领域可获得的以下特性：

　　**超长的使用寿命和优越的可靠性**

　　HB LED的预期使用寿命约50000小时，远远超过现有卤钨灯、充气灯甚至氙灯的使用寿命，此外无灯丝、无空腔、结构坚固，不易受颠簸振动而影响正常工作，可靠性高；

　　**优秀的电光转换效率**

　　此前（2011年底）HB LED光效记录已经达到了230Lm/W，是氙灯的近三倍，更是卤钨灯、普通充气灯的十数倍以上。达到照度要求的情况下，降低功耗能有效降低发电机、蓄电池负荷及导线截面积，利于车辆向轻量化发展的需求；

　　**极短的响应时间**

　　普通灯泡由于灯丝热惰性，启动时间约250mS，氙灯需要建立启辉高压，启动时间则更长一些。LED的启动时间只在nS级，这一优势在极端情况下能为前、后车提供更多的反应车距；

　　**汽车前照灯对光源的特别要求**

　　**前照灯的配光应使近光具有足够的照明和不产生眩目，远光具有良好的照明。**

　　前照灯包括远、近光灯，不论两灯制还是四灯制车辆，都要求光束有良好的汇聚和特定的分布，通过透镜、反光镜进行汇聚要求光源集中，以利于配光镜对车前照明进行配光，照度和配光同等重要。

　　**前照灯应具有良好的散热性，防止光源热堆积，前照灯即使在低温凝冻的环境下仍能正常工作。**

　　汽车前照灯当前形势下仍然是汽车常规灯具中功率最大的，灯具高温失控将是很危险的火灾隐患。同时灯具高温也给其自身也带来工作稳定性和使用寿命的影响。此外，灯具热堆积将导致光源色温改变，使雨雾环境下光线穿透性能和反射光强度等产生变化，将影响驾驶安全。

　　**前照灯应用HB LED必须解决的关键技术问题**

　　根据前照灯对光源要求的以上分析，以及HBLED技术现状，笔者认为汽车前照灯应用HB LED在技术上主要存在以下两个关键问题。

　　**开发小型大功率模块的需求非常迫切**

　　就率先应用HB LED到前照灯的奥迪A8LW12车型而言，为达到照度要求，每侧使用了76个LED光源。以近光灯为例，单侧能耗达到了40W。且构件之复杂、组合之精密远远超出普通前照灯总成的结构和技术水平。

　　过多的LED数量给灯具设计提出了非常高的难度，要解决点光源分散、光束汇聚、水平配光、防眩目等结合难题。一种方案是将LED布置在反光镜抛物面内，以浪费各个器件部分光通量来确保汇聚后的整体光照度，再对光束进行配光。此方案导致成本高而节能优势削弱，成本浪费大。另一种方案是LED单体聚光，分组承担车前各区域的配光，例如对侧方人行道分配的光照由某几个LED实现。此方案的缺陷是个别LED失效将导致某配光分区不合格，严格意义上是整个前照灯不合格。当前奥迪A8LW12前照灯采用此方案（远、近光共用8个HBLED），各LED在应用时保留非常多的冗余量以策保险。此时器件性能的浪费也推高了制造成本。

　　因此，除了个别豪华车型撇除成本因素采用HBLED前照灯外，绝大多数厂家都在等待单颗功率更大的HBLED面世，以期应用更少量的LED元件降低设计难度和制造成本。

　　**大功率HB LED的热管理难题**

　　HBLED发光区别于灯丝发光和电弧发光，因为没有炽热部分将热量通过辐射耗散，工作时自身热能堆积，只能够通过传导的形式向外耗散，需要散热装置和预留散热路径。另外前照灯在寒冷气候中还要面临积雪和凝冻状况，传统灯具有灯泡的辐射热存在，一定程度上对抗了工作中积雪和凝冻。采用HBLED光源后，前照灯就有必要配备化霜装置，否则无法实现全天侯照明。同时，要解决光源自身的散热，且必须不受前照灯化霜热量的影响，因此，可靠控制LED的关键是热管理措施。

　　**首先，结温波动的控制。**结温波动直接影响LED的光效，汽车前照灯照度大小关系到低能见度环境的行车安全，且车辆行驶时，环境温度、湿度等因素变化频繁，灯具所处散热环境复杂，要稳定结温必须散热速度可控，且感温和控制模块必须灵敏度高、响应快；

　　**其次，结温高低的控制。**结温过高是影响LED工作寿命的最重要因素，就目前成本而言，HB LED前照灯总成是普通前照灯总成的好几倍。高造价要求控制模块有足够的可靠性，驱动电流必须结合散热速度调节；

　　**再次，结温高低的选定。**结温影响到LED的色温和显色指数，高色温时，人眼的敏感度高，但对车外人员易造成眩目，不符合交通安全法规要求；高色温还带来显色指数的下降，加速驾驶员的视觉疲劳。作为制造厂家必须确保不同批次的LED都工作在适当的色温和较好的显色性。所以要求控制模块具有结温参数设定的功能。

　　当前奥迪A8LW12车型的LED前照灯通过在灯组尾端安装冷却风扇来解决散热问题，结构复杂和可靠性不足，且结温高低和散热工况波动控制不够理想。

　　控制芯片方面，当前安森美半导体开发了NCV78663，通过PWM控制平均电流，其高能效、高可靠性、集成控制、LED自检及动态控制系统参数等功能被业界普遍认可，至于大功率HBLED应用于汽车前照灯要求对工作结温和散热参数的精确控制却并没有被纳入，也就是说仍处于开环控制系统，一旦出现严苛的工作环境，热失控的现象将马上显现。

　　**总结**

　　基于汽车前照灯的特别工况和特殊的性能要求，HBLED并没有如大众所想象的顺利应用到汽车前照灯技术中。但是HB LED的优点是显著的，未来汽车前照灯使用HB LED光源将是必然的趋势。更高功率的单颗HBLED将简化前照灯结构，闭环热管理的控制系统将充分发挥其高光效、长寿命的优点，使系统更加可靠。彼时，才是全面普及LED前照灯的时代。