

# 先进客机的灯光照明系统

## 摘 要

飞机上的内部照明系统不仅仅是为了提供照明，选择合适的照明不仅能为飞行员和乘客带来舒适的氛围，而正确地选择外部照明更能够提高飞机的安全性。目前我国大部分飞机照明灯具的光源，仍然使用着传统的灯具如白炽灯和卤素灯，其缺点寿命短、耗能高、可靠性低等，已然跟不上时代。随着科技技术的发展，照明光源也发生了革命性的变化，许多新型照明技术诸如 OLED 照明系统、高强度照明系统和激光照明等都得到了大面积的推广，有望降低能耗，减少维护并为飞行员带来更好的视觉感受。根据现有的技术与国际上发展的趋势，如果能在国内客机上广泛应用这些新型的光源照明技术，想必会不仅会显著地提高飞机综合性能，还能大大提高我国航空业的发展速度。

**关键词：**照明技术 新型光源 LED 照明技术 飞机照明

# Lighting system on advanced airliner

## ABSTRACT

The interior lighting system on the aircraft is not only to provide lighting, choosing the right light not only provides a comfortable atmosphere for pilots and passengers, but also the right choice of external lighting can also improve the safety of the aircraft. Currently, most of China's aircraft lighting system is still using traditional lamps like incandescent lamps and halogen lamps, which shortcomings such as short life, high energy consumption, low reliability are rather obvious these days. With the development of technology, lighting system has also made a huge difference. Many kinds of new lighting technology such as LED lighting system and high-intensity lighting system have been widely used. According to the current technological status of our country and the trend of international development, high-power solid-state light lighting technology can improve the comprehensive performance of aircraft significantly. If these new kinds of lighting technology can apply on our passenger aircraft, no doubt it will speed up the development of domestic aviation industry greatly.

**Key words :** Lighting technology    New light sources    LED lighting technology    Aircraft lighting

# 目 录

摘 要 .....	I
ABSTRACT .....	II
1 引 言 .....	1
2 灯光照明系统的发展历程 .....	2
3 目前客机上的灯光使用现状 .....	3
3.1 客机外部灯光 .....	3
3.2 客机内部灯光 .....	10
3.2.1 驾驶舱照明 .....	10
3.2.2 客舱照明 .....	11
3.2.3 应急照明 .....	12
4 新型照明光源 .....	14
4.1 LED 照明技术 .....	14
4.2 LED 使用现状分析及尚存在的问题 .....	16
4.3 OLED 照明技术 .....	17
4.4 激光照明技术 .....	18
4.5 激光照明技术弊端及可行性分析 .....	18
5 结 语 .....	20
参考文献 .....	21
谢 辞 .....	22

# 1 引言

如今，照明行业中出现了许多不同的技术，各制造商的竞争也日趋激烈。而仍有许多客机在使用着传统光源，这些传统设备不仅日常维护开销大，还为航空安全性带来了不稳定因素。

客舱内部的灯光是影响乘客对这趟旅程评价的重要因素之一，尤其是长途飞行，因此许多飞机制造商也正在研发能够提高客户体验的灯光照明系统。飞行期间客舱内部的颜色可以根据飞行阶段进行变化，且每种颜色的变化都旨在对乘客产生特定的心理影响，如产生镇定感，诱导睡眠，并逐渐唤醒，并让乘客重焕精力。

而驾驶舱则是飞行员与飞机直接交互的场所，一系列重要的仪表以及指示灯都聚集于此，若不进行合理的舱内照明设计或布局，则会导致眩光问题的出现。因此为了更好地适应现代化与安全性的需求，提高我国航空业的综合素质，我们应逐步淘汰传统的照明设备以跟上时代的脚步。

## 2 灯光照明系统的发展历程

各国的民航都宣称，从统计学上来说，飞机是世界上最安全的交通运输方式。安全性一直是民航客机最注重的的问题，然而提及安全，就一定离不开飞机上各种各样的灯光照明系统。照明本意就是指利用光源把工作或生活场所及个别物体照亮的措施，而早在电灯发明之前，人类所能利用的照明方式也十分简单，无非就是直接利用火源发出的直射光，如火把和油灯等。然而随着文明的进步，这些照明方式因为其极低的发光效率和发光质量，已经无法满足人类日常生活所需。自上个世纪第二次工业革命的到来，白炽灯也成为了人类日后生产生活的最常见的发光设备。

白炽灯的出现，使得人们对照明设备进行进一步的研究，并大致可以分成 3 个重要的发展阶段，这些阶段中作为代表性的光源分别为日光灯、高压气体放电灯（HID）、LED 光源。<sup>1</sup>其中，日光灯和高强度气体放电灯同属于气体放电灯，区别在于日光灯是低压气体放电灯（LID）。

日光灯与传统灯泡比起来，使用寿命更长、发光效率更高且拥有多种色温可供选择等优点。但缺点就是日光灯管十分消耗电力且其发出的光是闪烁的，虽然人眼不易察觉，但若长期处于这种环境下，眼睛会有一定的损害。尤其是老化的日光灯，频闪的现象会愈加明显；卤素灯，是白炽灯的一个变种，其结构简单、成本较低，常用于早期飞机的着陆灯中。但因其使用寿命短、耗能高，已经逐渐被淘汰，且由于经常发生因指纹上的油性残留物过度积聚，导致石英外壳变热从而致使灯泡过热或破裂，许多地方已经明令禁止使用此灯泡；而高压气体放电灯这种通过灯管中的弧光放电，再结合灯管中填充的惰性气体产生高强度光线的照明设备，拥有比卤素灯高 3 倍的发光效率；不仅对提升夜间及雾中驾驶视线清晰度有明显作用，同时还能将电光能转换效率提高一半以上。由于日光灯与卤素灯都是以灯丝作为主要发光源，且飞行过程中难免会产生振动和冲击，所以这类灯具的寿命都不长，因此“有丝”灯具一直是困扰航空照明使用维护的瓶颈。

以上三种照明设备都是飞机上使用的典型光源，接下来就简单说明一下飞机上灯光的使用情况。

---

<sup>1</sup> 沈涛. 关于低消耗船舶之节能灯的应用[C]// 中国科协年会：绿色船舶与海洋装备创新发展及产业化论坛. 2012.

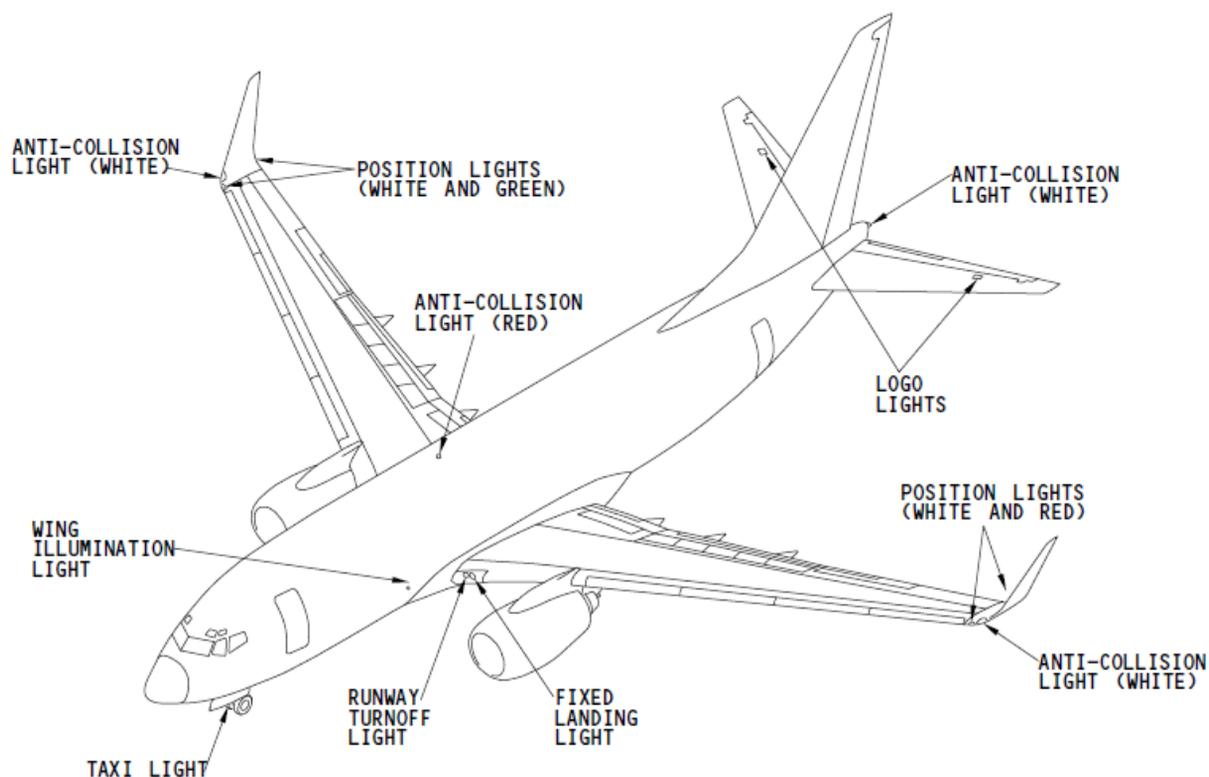
### 3 目前客机上的灯光使用现状

#### 3.1 客机外部灯光

客机灯光照明系统按功用可以归纳为以下几个方面：

- (1) 为地面服务和勤务工作提供所需的灯光照明
- (2) 为飞行员提供飞机相关系统的发光指示和警告
- (3) 为飞机的安全正常飞行提供所需的机外灯光照明
- (4) 为飞行员提供所需的驾驶舱正常和备用灯光照明
- (5) 紧急情况下为旅客及乘务员提供应急照明和撤离指示
- (6) 为乘务员和旅客提供所需的客舱灯光照明和一般告示牌指示

飞机灯泡的位置或许会因飞机型号或制造商而异，但绝大多数客机都有相同类别的灯，因此可以将客机上的灯光分成 3 大主要类别，分别为外部灯光、内部灯光以及应急灯光。



LIGHTS - EXTERIOR - INTRODUCTION

图 3-1 客机外部各灯光位置与名称

客机外部灯光由区域照明和指示照明组成，主要应用于夜间及其它复杂气象条件下，帮助机组人员观察飞机并使其它飞机利于发现本机的位置，发光源多以卤素灯为主。其中区域照明系统包括：机翼灯、转弯灯、着陆灯和滑行灯；而飞机外部的灯光指示系统则有航行灯、防撞灯以及航徽灯。而对于这些外部灯光有以下几项基本要求：

- (1)适当的色度
- (2)高的发光效率
- (3)足够的发光强度
- (4)可靠的作用范围（距离、角度、范围）

机翼灯（Wing Light），又被称为照明灯，位于机翼两侧。用于照明并检查机翼前缘以及发动机进气口处是否存在结冰的情况，一般情况下都常开。夜间时机翼灯也可以为飞机提供外部照明。



图 3-2 机翼灯（Wing Light）

转弯灯英文中各个航空公司各不相同，波音公司习惯用 Runway Turnoff Light，空客公司称之为 Runway Turn，在中文中同时也称为跑道脱离灯或跑道边灯。用于夜间照明滑行道和跑道边线，或照亮飞机侧前方区域。安装于前起落架减震支柱或翼根上，左右两侧各一盏并分别对准机头左右两侧，为机头前方两侧提供照明。转弯灯水平扩散角较大，光强比着陆灯弱，满足飞机滑行时要有宽视野和较长滑行时间的这两项要求。



图 3-3 转弯灯 (Runway Turnoff Light)

着陆灯 (Landing Light)，属于聚光灯而不是泛光灯，所以其光束非常窄、发光强度高，对其一些参数都有特定的需求，如照射宽度、照射距离、光束角度等。一般用于在夜间或可见度不高的情况下，为起飞和着陆时照亮机场跑道。安装于两侧机翼翼根和起落架支柱上，左右两侧各两个，支柱上一个。由于其功率大（一般为 600W），产生的热量很高，需要高速气流对其进行冷却，要求只在地面起飞滑跑前才能打开，离地后关闭。



图 3-4 着陆灯 (Landing Light)

着陆灯按结构形式能够分为活动式和固定式。固定式着陆灯安装在机翼前缘、机身前端或前起落架构件上；



图 3-5 固定式着陆灯

而活动式的则安装于机翼、机身前部或发动机舱表面的开口处。



图 3-6 活动式着陆灯

滑行灯 (Taxi Light)，安装于前起落架或机翼前缘，只有一个，功率为 400W

左右，用于在夜间或可见度不高时为飞机在地面滑行时照亮正前方跑道和滑行道。飞行员在飞机滑行时打开此灯，离地后立即关闭。滑行灯里一般有两组灯丝：飞机滑行时使用的低功率滑行灯；飞机起飞时使用的高功率起飞灯，并与着陆灯一起照亮跑道。着陆灯和滑行灯两组灯是相互结合使用的，这样能使飞机无论处于高、低速的情况下都能给机组人员提供清晰、开阔的视野。

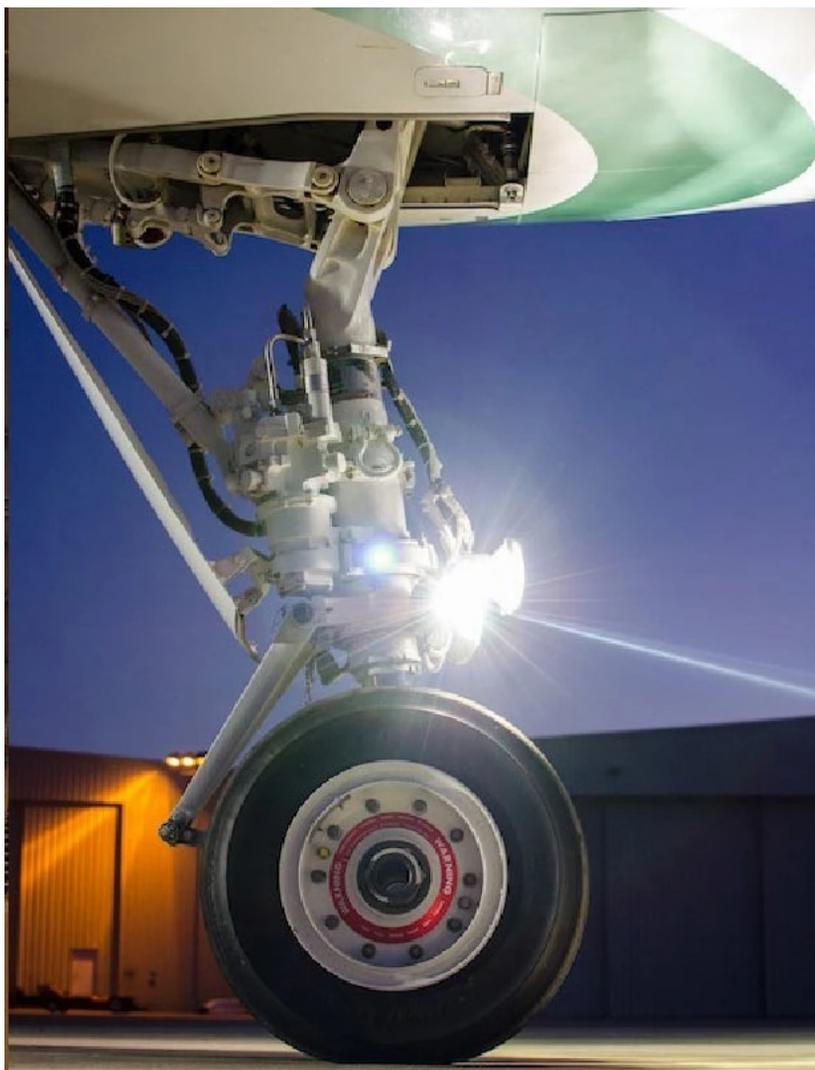


图 3-7 滑行灯 (Taxi Light)

还有一部分灯光是飞机外部的灯光指示系统，如航行灯、航徽灯以及防撞灯。

航行灯（Navigation Light），又称位置灯（Position Light），规定必须由绿色、红色组成。通常安装于机翼两端（左翼尖端为红色，右翼尖端为绿色）和一个装在机尾垂尾顶端的尾灯（白色）且光源一般为功率为数十瓦的白炽灯。作用是显示飞机轮廓及飞机动向，防止飞机在空中或地面与其他航空器相互碰撞。

当机长看到对面方向的飞机左红右绿尾白，则双方航向一致；但若看到迎面的飞机航行灯为左绿右红，则双方航向相反，应立即采取规避措施，以防事故发生。



图 3-8 位置灯（Position Light）

航徽灯（Logo Light），用于照亮尾翼上各航空公司的 Logo，一般安装于水平安定面翼尖两侧。但航徽灯的安装并不是必要的，各大航空公司可以根据其需求定制。这些灯在一定程度上也可以有效避免碰撞，也有助于地面管制员识别滑行道上的飞机。



图 3-9 航徽灯（Logo Light）

防撞灯（Anti-Collision Lights）

分红色防撞灯和高亮度的白色频闪灯。其中红色防撞灯安装于飞机顶部和底部各一个，这样的话在任何角度都能看到灯光。作用主要是防止与其他航空器相撞，规定 96 年 3 月 11 号后制造的航空器都必须配备防撞灯且航空器只要运动或发动机运行时就必须开启，在航行全程中亦是如此。当维护人员在地面调试襟翼等危险部件时，也会打开红色防撞灯，其它地面人员看到红灯亮时，就知道该区域不安全；

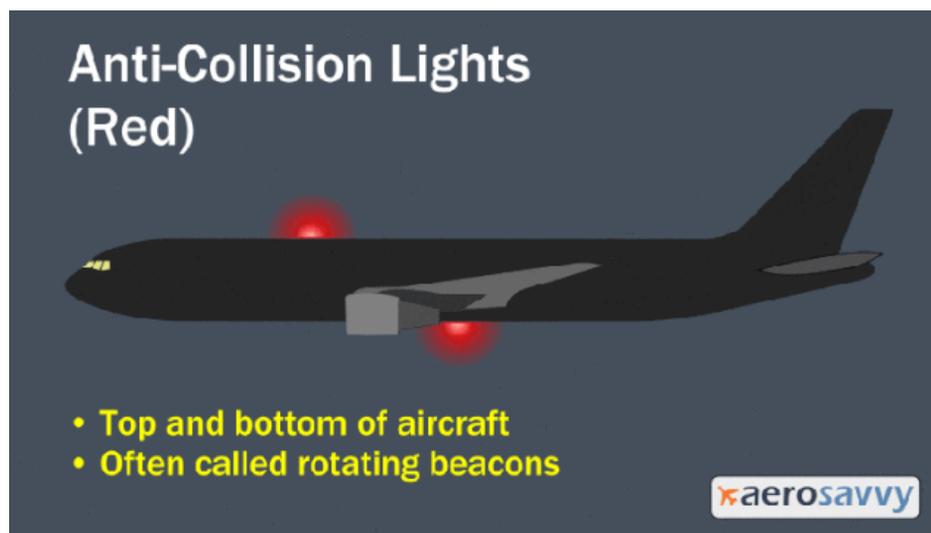


图 3-10 红色防撞灯 (Anti-Collision Lights (Red))

高亮度白色频闪灯 (Strobe Light) 属于防撞灯系统的一部分，一般有三个，翼梢前后各一个，尾椎一个。有了频闪灯，在驾驶中的飞行员可以看到 20 英里以外的频闪灯，每秒双闪一次以引起其它飞机注意，只有在飞机得到许可进入跑道后才能打开此频闪灯，降落离开跑道后关闭该灯。由于该白色防撞灯亮度较大，在跑道上开启的话会影响后面飞机的飞行员，因此在滑行或跑道排队时需关闭。



图 3-11 白色频闪灯 (Anti-Collision Lights (White))

其中还有一些特殊的灯光，如探冰灯。航空器一般配备几种或几套结冰信号器，探冰

灯属于一种专用的聚光灯，外形与普通探照灯相似，一般安装在机翼前方左右两侧。当探冰灯开启后，灯光会集中到发动机进气道和机翼前缘这些容易结冰部位，以便观察是否存在结冰的情况。此外，着陆灯和滑行灯非常明亮，功率约 400W~600W，若使用或调试这些灯时地面人员在附近，会导致其眼睛严重损伤。

## 3.2 客机内部灯光

内部灯光由驾驶舱照明、客舱照明等组成。目前多用 LED 作为发光源，在夜间或可见度较差的情况下，为机组人员或地勤人员提供一个明亮工作场所，也为客舱内的乘客提供一个舒适环境。同时须满足的基本要求有以下几项：

- (1) 光线反射小
- (2) 灯光的明亮度可调节
- (3) 要有足够而又不引起目眩的亮度
- (4) 能够自动根据复杂气候条件和驾驶舱灯光强弱及时调节亮度
- (5) 确保主电源不能工作时能够驾驶舱内重要仪表和指示照明能正常使用

### 3.2.1 驾驶舱灯光

驾驶舱是飞行员控制飞机的座舱，也是各类飞行仪表和其它重要飞行控制系统聚集的地方，因此驾驶舱内的灯光系统也就更为复杂。总共分为普通照明、整体式照明、信号指示灯，其中驾驶舱内绝大多数的普通照明灯光的亮度都是可调节的，而整体式照明的亮度是全都可以调节的。

普通照明指为整个驾驶舱区域或局部区域提供照明的灯光，如顶灯、天花板灯等；而局部区域照明灯光一般包含航图灯、备用罗盘灯、地板灯等。

整体式照明（某些飞机上也称为背景灯）指能够在夜间或复杂气候条件下为面板、仪表提供清晰指示的照明。整体式照明的核心部件是灯板，一些体积微小的白炽灯泡或发光二极管都镶嵌在里面。

信号指示灯则泛指各种指示性灯具，如仪表盘的系统警示灯、颜色各异的位置或状态指示灯以及遮光板上红色主警告灯和黄色主警戒灯等。

驾驶舱内的灯光一般都有以下要求：能够提供足够的照明，让飞行员能轻易的读取每个仪表的数据；光线不能直射飞行员的眼睛，以免引起对人眼不适的光晕或眩光；仪表盘的照明强度需可调节的。

### 3.2.2 客舱照明

客舱灯光指为客舱、厕所以及乘务员工作区域提供的灯光照明。

(1)侧壁板灯是客舱内部的主光源，安装于飞机侧窗上方并为客舱内提供大面积的照明，常用低压白炽灯做光源，目前现代客机则更多采用日光灯。

(2)阅读灯安装于每个乘客座位的上方，当客舱内灯光照明强度不理想时，可选择最合适自己的档位；除此之外，阅读灯的角度是可调整的，以提供最佳的阅读体验。



图 3-12 阅读灯

(3)告示牌通常安装在显眼的位置，当飞机开始推出或进行起飞操作准备时，机组人员会打开飞机客舱内部的告示牌指示灯，以便清楚看到“系好安全带 (Fasten Seat Belt)”，“禁止吸烟 (No Smoking)”，“返回座位 (Return To Seat)”，“厕所占用中 (Toilet Occupied)”等指示灯。并且考虑到飞机着火的可能性，每个机组人员和乘客区域都必须有设有应急装置告示牌，以便在着陆时能迅速疏散。



图 3-13 客舱照明

### 3.2.3 应急照明

应急灯光是在紧急情况下主电源断电时，能够为机组人员完成迫降时提供应急照明，以及迫降后为旅客和机组人员应急撤离提供照明的照明系统。要求必须含有以下几项：客舱内部紧急出口照明和定位标志、紧急撤离通道照明、邻近紧急出口指示或标志、外部紧急照明。考虑到应急灯光其重要性，所以对于应急灯光一般有以下几项特殊要求：

- (1) 必须安装独立于主照明系统
- (2) 具有规定的亮度、照度、颜色和照明时间
- (3) 设有飞机机组警告灯，当飞机内电源开启而应急灯光未点亮时，该指示灯会点亮
- (4) 能够根据主电源关断与否自动点亮，需要手动操控的开关要安装在机组人员容易接近的地方，并且要求设有防误操作措施

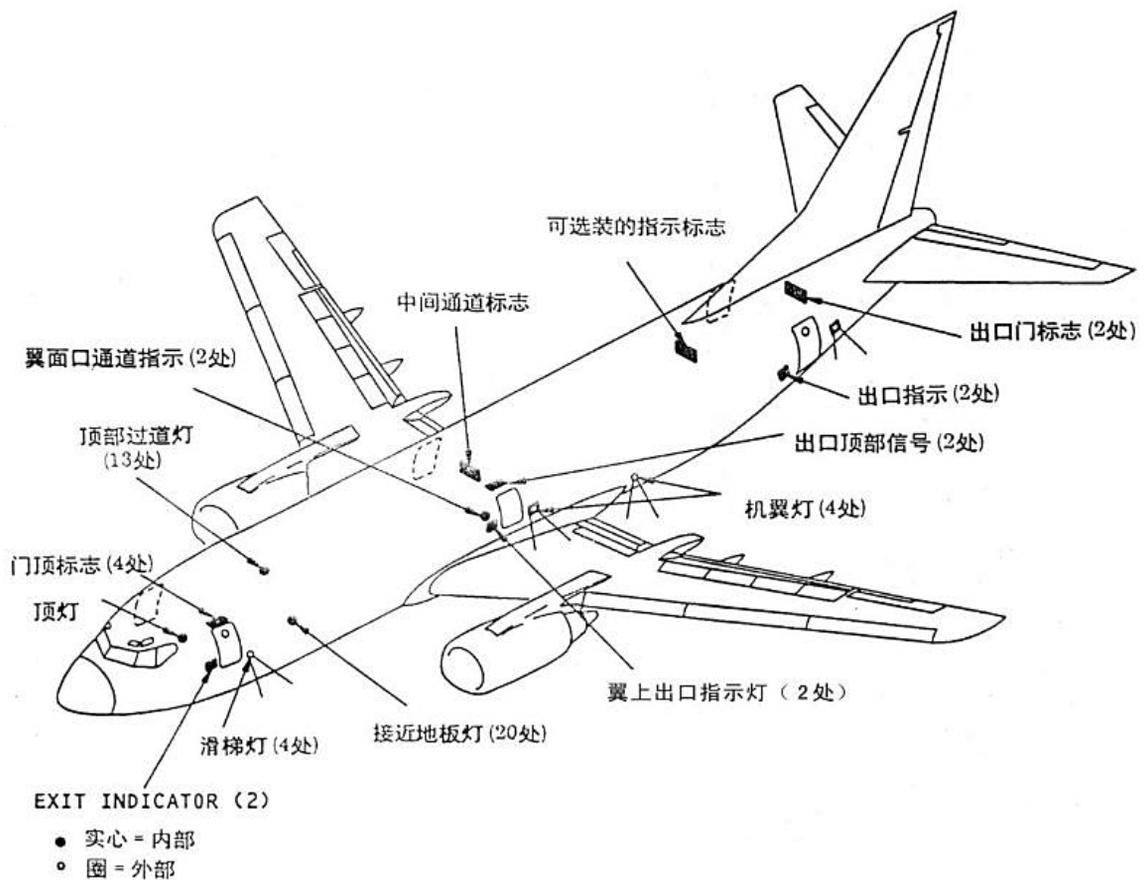


图 3-14 飞机内部各指示灯光分布

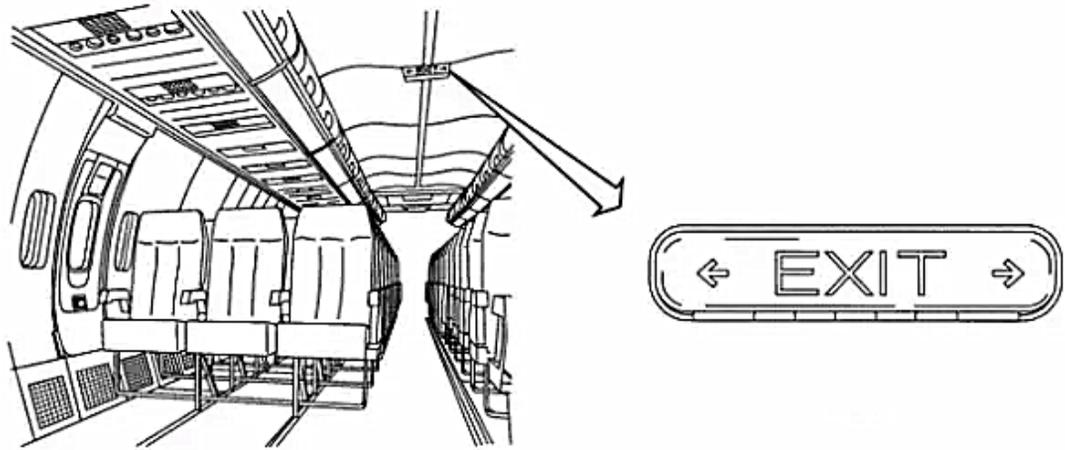


图 3-15 出口指示灯



图 3-16 应急滑梯灯

## 4 新型照明光源

### 4.1 LED 照明技术

LED 灯可以说是自白炽灯、高强度气体放电灯后，优点最多的一种照明技术。作为相对来说较新的照明技术，它具有重量轻、发热低、可靠耐用、安全性高、节约能源、光学性能好等显著优点。

固态光源指采用半导体电致发光技术的光源，如发光二极管（LED）、有机发光二极管（OLED）等。LED 作为固态光源中的一员，与传统光源是通过热辐射散热的方法不同，其自身的热量是通过传导的方式疏散开来，因此发热会更低。传统的光源如卤素灯和白炽灯，里面都含有灯丝，在高强度振动的情况下容易损坏，而 LED 灯内则不含这种易损坏部件，因此可靠性更高。并且 LED 灯的发光原理也与传统光源不同，直接利用电能转化为光能，因此能量在转换过程中损失地更少，即更加节能。此外，飞机照明系统对光的分布要求非常严格，大面积的光源只会导致利用率较低。传统光源只能发出各个方向漫射的光，LED 灯的发光面积小，光线具有很强的方向性，能够作为直射光源。

民用飞机的灯光照明系统需要实现多种及内外照明功能，并且还要严格遵守一系列的适航规章。着陆灯需提供足够的照度以照亮跑道，让飞行员能尽可能清晰地掌握周围地面情况；防撞灯、航行灯的光强度及光照范围要能清晰地展现出飞机轮廓和飞机航向，以提醒周遭其它飞机飞行员及时采取规避措施。出于对安全性的重视，这些部位通常来说结构都较为复杂，重量也越高。<sup>2</sup>传统外部照明通常体积大、寿命短、耗能高，因此 LED 光源这种集成多项优点的新型光源是目前最好的选择。

其实早在 20 世纪 90 年代，LED 光源就已经被首次引入航空运输领域，但由于受限于当时的科技条件，不能广泛应用于飞机各部件上。但到了现在，飞机驾驶舱的控制面板、客舱照明以及飞机外部照明都已经有了成熟的 LED 产品，如航行灯、探冰灯、标志灯和红色防撞灯等。

---

<sup>2</sup> 刘洪涛. 民用飞机大功率固态光源照明技术应用初探[J]. 技术与市场, 2015(08):44-45.



图 4-1 LED 红色防撞灯

如 737NG 系列已经引入了一种新型的 LED 灯——Landing, Taxi, and Runway Turnoff Light，即降落拖行离港滑行灯，取代了旧款的卤素灯。卤素灯内部含有灯丝，在飞行过程难免会产生振动，而长期处于这种环境下容易损坏。并且航行灯还需要在外部添加对应颜色的滤光罩以符合“左红右绿”的光照形式，进一步导致整体结构复杂并增加重量，也使得日后的维护工作更加繁杂；而标志灯、滑行灯通常采用高强度气体放电灯（HID），这种灯光强度、效率都很高，但其启动所需时间也很长，一般来说启动需要大概 15 分钟，才能达到稳定的输出。旧的设计中，滑行灯安装在前起落架上，着陆灯和跑道脱离灯安装在翼根，而 LTRTL 系统则将 5 个装置合并成两个，既减少了耗能和阻力，又减轻了重量。

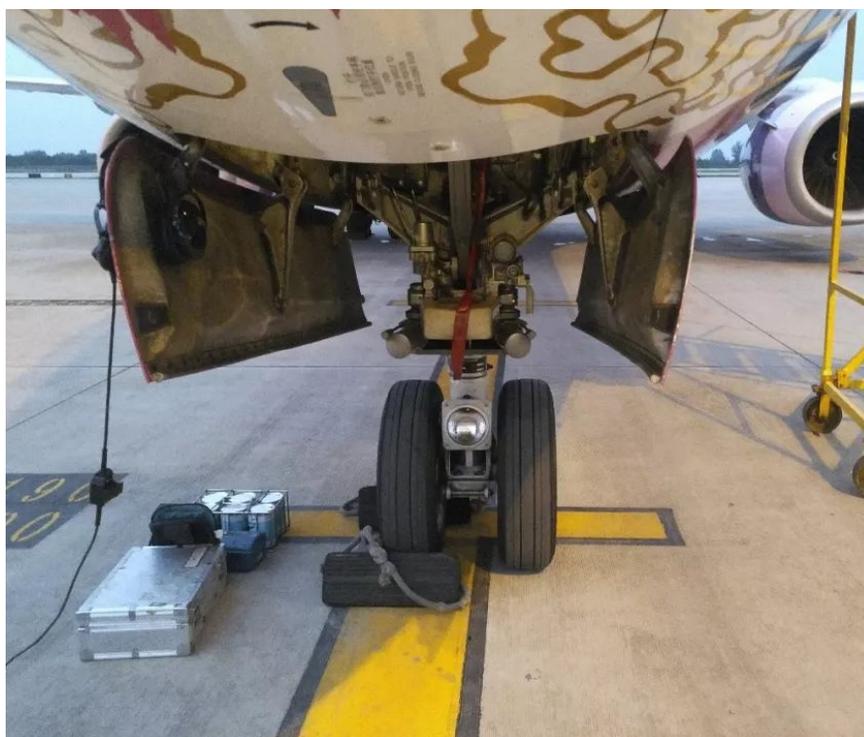


图 4-2 旧设计

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要  
下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/215213133340011131>