

# 民用飞机着陆灯与机场助航 灯光在飞机夜航中的作用

## The Function of Landing Light and Airport Approach Light for Civil Aircraft During Night Flight

朱志胜 / Zhu Zhisheng

(上海飞机设计研究院, 上海 201210)

(Shanghai Aircraft Design and Research Institute, Shanghai 201210, China)

### 摘 要:

飞机着陆灯与机场助航灯光系统为民用飞机夜航起飞、着陆提供照明,两者都十分重要。民航法规 CCAR121 部要求飞机必须装有至少两个着陆灯,而 AC-97-FS-2011-01 则要求民用机场必须配备助航灯光系统。分析了着陆灯与助航灯光两者在夜航着陆过程中的作用,并阐述两者的相互关系。

**关键词:** 着陆灯; 助航灯光; 夜航

**中图分类号:** V242.6

**文献标识码:** A

[Abstract] The aircraft landing light and airport approach light are both providing illumination for civil aircraft during night flight. Both of them are significant for aircraft flight safety. The CCAR121 regulation requires that two landing lights should be installed at least in the aircraft, and the AC-97-FS-2011-01 regulation requires that approach light should be installed on the civil airport. The effect of the landing light and airport approach light during night flight is analyzed, and the relationship between them is discussed.

[Key words] Landing Light; Approach Light; Night Flight

## 0 前言

一般而言,汽车在夜间行驶时需要汽车前大灯与路灯的照明,为夜间行驶提供一个良好的视觉环境。同样,民用飞机作为一种公共交通工具,在夜航着陆过程中也需要灯光照明。飞机自身装有大功率着陆灯,现代民航机场均配备助航灯光。它们形成一个组合系统,共同为飞机夜航着陆提供安全保障。

## 1 民用飞机着陆灯设计简介

首先介绍民用飞机着陆灯系统设计的一般过程,以便后续分析着陆灯在夜航着陆过程中的作用。

### 1.1 着陆灯的光源

民机着陆灯为飞机夜航提供机外照明,民航规章 CCAR121.323(c) 要求大型客机必须至少装有两

个着陆灯<sup>[1]</sup>。此类飞机根据光源的光学性能以及飞机座级大小的不同装有 3~6 盏着陆灯。典型的如某 70 座级飞机装有 3 个着陆灯,其光源为 35wHID 灯,如图 1 所示;又如某 150 座级型飞机装有 4 个着陆灯,其光源为 600w 卤素灯,如图 2 所示。



图1 某70座级型飞机着陆灯



图2 某150座级型飞机着陆灯

设计年代较早的飞机大多采用卤素灯光源,随着电光源技术的不断发展,越来越多的着陆灯采用 HID 光源,它比传统卤素灯有着寿命长、经济性好的优势。近年来随着 LED 光源技术的发展,尤其是大功率 LED 光源技术瓶颈的突破,LED 着陆灯在飞机上的全面应用将成为一个发展趋势。

## 1.2 着陆灯设计准则

飞机着陆灯的设计目标是为飞机夜航着陆提供照明,具体讲就是从高度 100ft<sup>[2]</sup> 开始提供照明直至飞机触地、滑行的全阶段。飞机着陆灯最终能否达到此目标除取决于灯具的数量、安装位置外,更取决于正确的安装角度。在设计着陆灯时,首先根据飞机的气动布局以及着陆灯光源性能初步选择着陆灯的数量以及安装位置,然后根据飞机的理论着陆俯仰角度计算出着陆灯的安装角度,最后通过软件仿真得到着陆阶段的照射效果(“光照区域范围”和“光照亮度”,这也是后续评判着陆灯设计是否合格的主要考察指标)。当此结果与设计目标值不符时须返回初始设计,从修正安装角度、更换灯具、增减数量、调整安装位置等几个方面不断循环迭代设计,以达到最优的照射效果。图 3 是某型号飞机 OPTIS 光学软件仿真的飞机着陆灯照射效果。

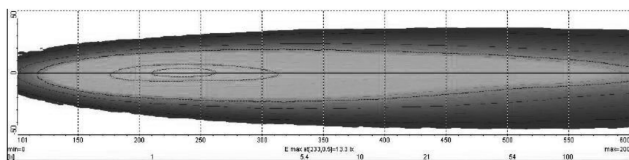


图3 着陆灯照射效果仿真

# 2 民航机场助航灯光简介

## 2.1 机场灯光发展史

机场灯光设备是随着航空技术的发展而产生并逐步完善的。最早产生于 20 世纪 20 年代初,采取临时设置简易灯光或用其他照明工具代替的形式。30 年代中后期,为了保障昼间低能见度条件下和夜间飞行,有了定位信标灯、跑道边界灯和障碍灯;后来逐步发展成为现代机场灯光设备。在中国,机场灯光设备出现于 1934 年,最初只有马灯,1937 年以后,个别机场安装了灯光设备<sup>[3]</sup>。建国后逐步建设了较完备的灯光设备,并逐步形成机场助航灯光系统。

如今机场助航灯光有了统一的、国际化标准,并且有明确的民航法规对其进行约束(CCAR-97FS-R1《航空器机场运行最低标准的制定与实施规

定》)<sup>[4]</sup>。

## 2.2 机场主要助航灯光介绍

现代机场助航灯光系统主要由滑行道灯光系统、跑道灯光系统、进近灯光系统、精密进近坡度指示灯、目视进近坡度指示灯等组成。飞机在实际降落过程中,飞行员对跑道灯光系统、进近灯光系统关注较高。在目视飞行以及仪表着陆时,飞行员必须通过跑道灯光、进近灯光来建立目视参考,否则不允许下降至 DH(决断高度)以下。跑道灯光系统又可以细分为跑道边灯、跑道中线灯、接地区域灯、跑道入口灯、跑道入口标识灯、跑道末端灯等。此外在山区或有较高障碍物的机场还应配备跑道引入灯光系统,指引飞机避开山峰等障碍物,安全降落。典型的机场助航灯光示意图如图 4 所示<sup>[5]</sup>。

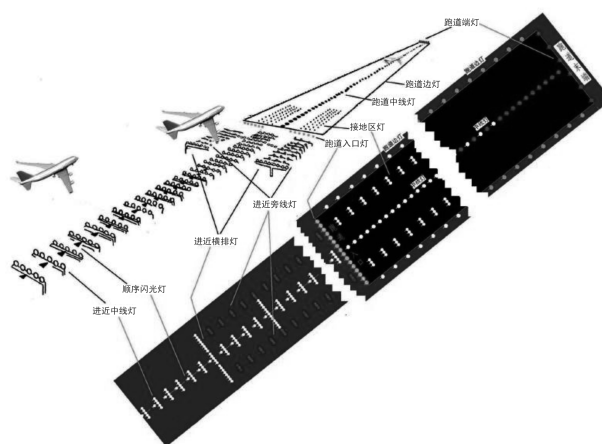


图4 机场助航灯光

由此可见,机场助航灯光是一套分工有序、自成体系的灯光指引系统,它保证了飞机能够像白天一样安全起降,实现了民航飞机全天候运行。

# 3 仪表着陆系统(ILS)

飞机进近着陆可分为非精密进近(NPA)、类精密进近(APV)和精密进近(PA)。其中非精密进近指使用甚高频全向信标台(VOR)、无方向性无线电信标台(NDB)或航向台(LIZ)等地面导航设施,只提供航向引导,不提供下滑引导的进近;类精密进近指有航向和下滑引导但不满足建立精密进近的运营要求的进近;精密进近指使用仪表着陆系统(ILS)、微波着陆系统(MLS)或精密进近雷达(PAR)提供航向和下滑引导的进近<sup>[4]</sup>。

精密进近根据决断高(DH)和跑道视程(RVR)可分为以下类别:(1)I类运行,指决断高不低于 60m(200ft),能见度不小于 800m 或跑道视程不小

于 550m 的精密进近着陆;(2) II 类运行,指决断高低于 60m(200ft)但不低于 30m(100ft),跑道视程不小于 350m 的精密进近着陆;(3) III A 类运行,指决断高低于 30m(100ft)或无决断高,跑道视程不小于 200m 的精密进近着陆;(4) III B 类运行,指决断高低于 30m(100ft)或无决断高,跑道视程小于 200m 但不小于 50m 的精密进近着陆;(5) III C 类运行,指无决断高和无跑道视程限制的精密进近着陆<sup>[4]</sup>。

仪表着陆系统 (Instrument Landing System, ILS) 是目前广为采用的飞机精密进近系统。通常它是由地面发射的两束无线电信号实现航向道和下滑道指引,从而建立一条由跑道指向空中飞行器的虚拟路径,再通过飞机的机载接收设备,确定本机与该路径的相对位置,使飞机沿正确方向飞向跑道并且平稳下降高度,最终实现安全着陆。

民航规章要求,具备仪表着陆能力(I 类、II 类、III 类)的航空器的机载设备应符合或高于 ICAO(国际民航组织公约)附录 10 的相关规定<sup>[5]</sup>。其中相关的机载设备有:无线电导航设备、通信程序、数字通信系统、音频通信系统、监测和防撞系统,但没有对飞机照明系统的要求。此外,民航规章还规定了实施仪表着陆对机场助航灯光的要求,如:在夜间实施非精密进近的跑道应当至少装有跑道边灯、入口灯和跑道端灯;实施 I、II 类精密进近必须使用 I、II 类进近灯系统和 ICAO(国际民航组织公约)附录 10 规定的跑道灯,包括边灯、中线灯、入口灯和跑道端灯。II 类精密进近跑道还必须有接地灯。由此可见在夜间实施仪表着陆时,机场助航灯光系统起着不可或缺的作用。

## 4 着陆灯与助航灯光在夜航着陆时的相互作用

民用飞机作为一种公共交通工具,在夜航着陆过程中需要灯光照明,以保证飞行安全。飞机自身装有大功率着陆灯,此外现代意义上的民航机场均配备助航灯光系统。这些灯光有的用于照明,有的用于指示,它们形成一个组合的系统,共同为飞机夜航着陆提供安全保障。但着陆灯与助航灯光系统在飞机着陆过程中具体有着什么作用?两者之间有何关联?

### 4.1 余度论

飞机着陆灯在全机所有灯光系统中属于最亮的灯,它用来照射机外环境。这很容易让人们联想

到汽车的前大灯,人们在夜间驾驶汽车时常开启前大灯,尤其是在无外界环境灯光的漆黑之夜,必须开启汽车前大灯才能正常驾驶;而当道路路灯照明很好时,关闭汽车前大灯也可以正常驾驶(此处且不论其他行人或车辆通过车灯对本车的识别)。汽车前大灯与道路路灯可以看作两套互为余度的独立系统。同样,在飞机夜航时也有飞机着陆灯和机场助航灯光系统两套独立的系统,这很容易让人们误以为飞机着陆灯与机场助航灯光系统是两套互为余度的灯光照明系统。在 CCAR25 部的 1383(a)(3)条款中对着路灯的光强有这样的要求:着陆灯必须能够为夜间着陆提供足够的光线<sup>[6]</sup>。这是定性的描述,从字面理解也很容易把着陆灯看成是夜航着陆的必须设备。但究竟着陆灯与机助航灯光系统在夜航着陆时是否起着互为余度的作用,可以将此问题转换为下面两个问题:(1)若无助航灯光系统时,飞行员能否仅靠着陆灯将飞机安全着陆?(2)若无着陆灯,飞行员仅靠助航灯光系统是否能够安全着陆?

为此,设计了一项主观评估试验,主观评估表如表 1 所示,通过实际试飞要求飞行员评估飞机着陆灯的作用。表 1 中“光照区域范围评估”是要求飞行员对着陆灯的光照范围是否合适进行评估,以防着陆灯角度设计不合理而影响着陆灯的照射效果;“光照亮度评估”是考察飞行员仅依靠着陆灯进行夜航着陆时所需的亮度。此试飞试验认为“偏亮”和“合适”均表示飞行员可以仅依靠着陆灯将飞机安全着陆,而“偏暗”则表示飞行员仅依靠着陆灯不能将飞机安全着陆。本试飞试验邀请了四名飞行员进行评估,主观评估试飞数据整理后见表 2。

本试验由 4 名飞行员参与评估,分为“进近、触地、滑行”三个阶段,如此“光照区域范围”和“光照亮度”这两个考察指标将分别获得 12 个数据点。通

表 1 着陆灯系统主观评估表

评估人_____	评估时间_____	气象环境:夜间				
飞机姿态	着陆灯光照区域范围评估			着陆灯光照亮度评估		
	偏前	合适	偏后	偏亮	合适	偏暗
进近阶段(高度 100ft 以下)	■	■	■	■	■	■
触地阶段	■	■	■	■	■	■
滑行阶段	■	■	■	■	■	■



表 2 着陆灯系统主观评估数据统计表

飞机姿态	着陆灯光照区域范围评估			着陆灯光照亮度评估		
	偏前	合适	偏后	偏亮	合适	偏暗
进近阶段(高度 100ft 以下)	1	3			1	3
触地阶段	1	3				4
滑行阶段		4			2	2
汇总	2	10	0	0	3	9

过表 2 的主观评估试飞数据表明:有 2 人次飞行员认为着陆灯光照区域“偏前”,其余 10 人次飞行员认为该飞机着陆灯的照射范围“合适”。即认为该飞机着陆角度设计正确。而对于“光照亮度”这个考察点来说,仅有 3 人次飞行员认为照射亮度“合适”,其余 9 人次飞行员认为该飞机着陆灯偏暗。这个结果说明两种可能:第一,着陆灯本身不够亮;第二,仅依靠飞机着陆灯不能将飞机安全夜航着陆。由于该型号着陆灯与安装于另一在役型号飞机上的着陆灯为同一生产厂商生产的不同功率的灯,笔者又详细分析了试验飞机与另一在役型号飞机着陆灯的光学性能,发现本试验机着陆灯光学性能略胜于另一在役型号飞机着陆灯的光学性能,因此排除了第一种可能。故通过这个试飞试验,回答了前文提到的“若无助航灯光系统时,飞行员能否仅靠着陆灯将飞机安全着陆?”的问题,答案是否定的,即笔者认为仅依靠飞机着陆灯是不能将飞机安全夜航着陆的。

为了回答前文提到的“若无着陆灯,飞行员仅靠机场助航灯光系统是否能够安全着陆”,笔者咨询了另外三名富有经验的民航飞机飞行员,他们一致认为“仅仅依靠机场助航灯光系统完全可以将飞机安全着陆”。

因此,飞机着陆灯系统与机场助航灯光系统非余度关系,笔者认为它们在为飞机夜航提供灯光照明指示时,更像是一种互为补充各有侧重的关系。

4.2 互补论

如前文所述,既然飞行员仅仅依靠助航灯光系统即可以使得飞机安全着陆,而当机场助航灯光系统失效时仅仅依靠飞机着陆灯提供的光照却不能使得飞机着陆,那么飞机着陆灯的作用到底该如何定义呢?这还是要从设计源头寻找答案。首先是 CCAR25.1383 条款对民用飞机着陆灯的设计提出了要求,当然这个条款描述较为主观,没有定量的

要求。而业内设计民机着陆灯系统大多还是参考工业标准 SAE ARP693,该文中定义了“进近、触地、滑行”三种典型的着陆状态时的定量光照范围及照度要求。关于着陆灯的作用,该标准表述为“为飞机进近、触地、滑行、起飞提供环境参考信息,在飞机夜航进近滑行时照射机场跑道上主要障碍物<sup>[2]</sup>”。显然,这里定义的着陆灯的作用是提供环境光参考以及照射机场主要障碍物。而引导飞机进近、着陆的任务应该由机场助航灯光系统担任。

民用飞机下降自一万英尺以下高度可定义为进入下降/着陆阶段。此时一般根据需要打开着陆灯,用于驱鸟。当飞机下降至在 200ft 以下时,根据前文所述,根据飞机仪表着陆类别的不同,有相应的决断高度和跑道视程要求。其中 I 类仪表着陆对飞机的运行要求最高,或者说要求其具备的安全余度最大:它要求 DH 不低于 250ft, RVR 不低于 800m,即在此要求之上必须建立目视参考。值得注意的是,这里的目视参考是指必须看清“进近灯光系统”、“跑道入口灯”、“跑道入口标志”、“接地区域标志”、“跑道边灯”、“接地灯”等 10 类灯光或机场地面指示标识之一<sup>[4]</sup>。即当在此进近类别下降落的飞行员,只有在看清上述这些灯光指示标识后,方可继续降落至 DH 以下。而可认为飞机着陆灯应该能为飞行员提供跑道上的光环境,以起到辅助建立目视参考(比如观察并识别不发光的跑道入口标志、接地区域标志等)的作用,并提供环境照明



图 5 200ft 时建立的目视参考

照射跑道其他主要障碍。图 5 ~ 图 8 中的半圆形区域为降落过程中各阶段应建立的目视参考区域。

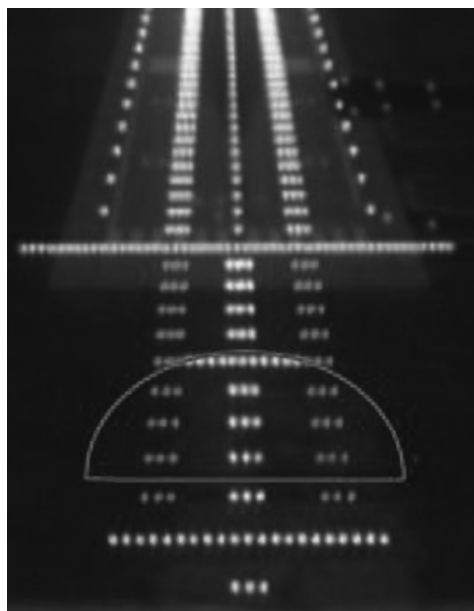


图 6 100ft 时建立的目视参考

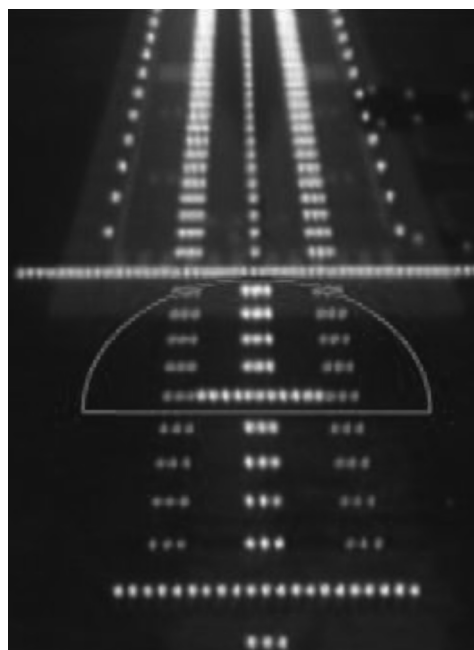


图 7 80ft 时建立的目视参考

助航灯光在夜航着陆过程中给飞行员以直射光,其可视性与灯本身的亮度及气象情况有关。通过 RVR 的指标对飞机降落提出定量规定,使得飞行员通过助航灯光系统实现夜间安全着陆。而飞机着陆灯通过对机场跑道及其环境的照射,形成反射光线,有助于飞行员更好地建立对机场主要标识建立目视参考。机场助航灯光系统与飞机着陆灯互

为补充,相辅相成,共同保证飞机夜航着陆的安全。



图 8 50ft 时建立的目视参考

## 5 结论

综合上述分析笔者认为:在民用飞机夜航着陆时,机场助航灯光系统起主要作用,如果它失效,飞机将不能着陆;而飞机着陆灯是在飞行员通过助航灯光系统准确识别机场跑道的基础上,起到识别跑道上主要障碍物以及提供环境照明参考的作用,如果飞机着陆灯系统失效,夜航时飞机仍然可以安全着陆。

### 参考文献:

- [1] 中国民用航空局. CCAR121FS R2 大型飞机公共航空运输承运人运行合格审定规则[S]. 北京:中国民用航空局, 2005,2,25.
- [2] Rev. C. Revised. SAE ARP693[Z]. 1998,5.
- [3] 刘有峰. 中国军事百科全书·军事技术[M]. 北京:中国大百科全书出版社,1997.
- [4] 中国民用航空局. CCAR-97FS-R1 航空器机场运行最低标准的制定与实施规定[S]. 北京:中国民用航空局, 2001,2,26.
- [6] 中国民用航空局. AC-91-FS-2012-16 航空器运营人全天候运行要求[S]. 北京:中国民用航空局,2012,12,3.
- [7] 中国民用航空局. CCAR25-R3 中国民用航空规章第 25 部运输类飞机适航标准[S]. 北京:中国民用航空局,2001, 5,14.