

# 关于一起机场目视助航灯光系统坡度灯显示异常的分析

蔺江涛

(西部机场集团宁夏机场有限公司, 宁夏 银川 750001)

**摘要:** 坡度灯(PAPI)作为机场目视助航灯光系统中最重要设施之一,它的好坏,将会直接或间接的对飞机按照正确的进近航道进场、着陆产生一定的影响。一旦出现故障,必须第一时间进行排除。本文介绍了坡度灯的工作原理,在此基础上分析、探讨了一起真实的坡度灯显示异常案例,供大家交流学习。

**关键词:** 机场;坡度灯;原理;异常

机场目视助航灯光是用于在飞机起飞、着陆、滑行等过程中为飞行员提供有效、可靠的目视参考信号,此系统中,目视进近坡度指示器简称坡度灯(也称PAPI)是一种特殊的灯具,用以引导飞机在最后的进近阶段中,按照正确的进近航道进场、着陆,并能向正在进近着陆的飞机提供一个正确的航道信号和四个偏离航道的信号,是机场目视助航灯光系统最重要的设备之一,属于精密仪器。

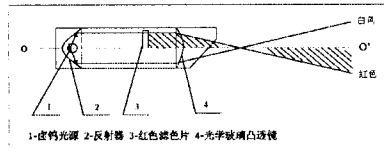
## 一、坡度灯的结构及工作原理

### (一) 灯具结构

一套坡度灯系统必须以一组四个等距设置的急剧变色的多灯灯具的翼排灯组成,包括四台灯具(每台灯具含光源为三支200W/6.6A或200W/8.33A卤钨灯泡。),设置在跑道的左侧,具有易折性的安装支柱(可选用单柱、三柱或四柱),可进行 $0^{\circ}$ ~ $8^{\circ}$ 范围内的角度调节,可进行5级光亮度的调节。

### (二) 光学原理

每台坡度灯灯具的光束从光束中心水平分成上下两部分,上半部分为白色、下半部分为红色的光束。当从300米以外距离观察时,在光束中心部分(左右 $10^{\circ}$ 范围内)从白光转变成到红光的过渡区不大于3分弧。



1. 光源: 由于PAPI要求的光强值高,选用发光率高近似点光源的金属卤化物灯泡。

2. 反射器: 选用光学玻璃或高纯铝制作,经真空镀膜、封闭,经修正后的反射曲线能使光平行投射。

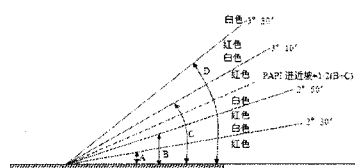
3. 滤光片: 选用经钢化处理耐高温的红色光学玻璃,波长610,能有效滤掉不符波长要求的光,使光色纯净。

4. 光学透镜: 透镜是PAPI的主要光学部件,设计透镜的关键是根据光度学要求计算出焦距,透镜焦距的大小与透镜材料、曲率半径有关。

PAPI由卤光源发出的光经反射成平行光后上半部分穿过红色滤光片留下红光,下半部分的白色继续传播,经挡光口遮挡住一部分散射的杂光,留下最均匀的平行光穿过透镜;由于透镜的汇聚作用,使红白光翻转,白光在上部,红色光在下部。通过微调滤光片的轴向和纵向的位移,即可得到符合标准的光学特性。

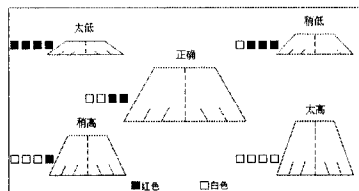
一套坡度灯系统有四台灯具(分别为A、

B、C、D),光束和仰角设置如图:



假定下滑航道角为 $3^{\circ}$ (标准下滑航道角)。此时灯具光束仰角分别为 $2^{\circ}30'$ 、 $2^{\circ}50'$ 、 $3^{\circ}10'$ 、 $3^{\circ}30'$ 。

### (三) PAPI系统指示的灯光信号



1. 如果飞机沿正确进近航道进场,飞行员将看到靠近跑道边的两台灯具为红色,其余两台为白色;

2. 如果飞机的进近航道稍高于正确的航道,飞行员会看到靠近跑道边的一台灯具为红色,其他三台为白色;

3. 如果飞机的进近航道太高于正确的航道,飞行员会看到四台灯具都为白色;

4. 如果飞机的进近航道稍低于正确的航道,飞行员会看到最远离跑道边的一台灯具是白色,其它三台为红色;

5. 如果飞机的进近航道太低于正确的航道,飞行员会看到四台灯具都为红色。

PAPI在出厂前已经过严格的调试,透镜、滤光片、点光源都有精密的相对位置,使得其投射的光线与灯具构架有相对固定不变的角度。在投入使用前,必须由有资格的部门组织校飞,调整灯具的仰角使得PAPI能够提供正确的指示信号。所有的调试完成后,要求光线对灯具构架的相对位置、灯具仰角不得再改变,否则会显示不准确,对飞机造成误导。

## 二、故障分析及排除

### (一) 故障现象

某机场自2013年7月9日至12月22,共接到机组反映坡度灯显示异常情况7次,时间均集中在18:09至20:59之间。其余时间又显示正常。

### (二) 维护人员所作处理

接到反映后组织人员对坡度灯进行检查。一一排除了灯具安装角度发生变化、各类元器件老化、电源及外界因素影响的可能性。

### (三) 原因分析

1. 由于坡度灯异常情况集中出现在

18:09至20:59分之间,也就是从白天到黑夜,气温变化最明显的这个时间段。不排除日落前光线扰动引起。

2. 该坡度灯型号为LQ-1,属于80年代四立柱老式产品。坡度灯在国产化初期,确实存在一定的设计、使用缺陷。四个支柱的老产品在使用较长时间后易发生箱体变形;西北地区冬春风沙强,昼夜温差大,这些因素都加剧了灯具内各类橡胶紧固件的老化,会使元器件发生微小的位移。以上原因都会导致灯具内部发生结构性变化,使灯具发光特性与出厂时出现偏差。而日常维护使用的角度仪(测量坡度灯仰角的专用仪器)测量的是灯具构架的角度而非PIPA光线的角度。在出厂时,经过调整,灯具构架和灯具发出的光线形成了固定的相对位置,平常维护时通过直接测量灯具构架的角度间接得知光线的角度,当灯具内部结构发生位移,光线角度发生变化,用角度仪是无法发觉的。

灯具结构发生变化后,背景产生似红非红的颜色,白天可能会把这个区域看成白色,其他时间点可能会辨识为红色。在背景受环境光线影响下,使人的视觉感官产生变化。

3. 某日夜航结束后,相关技术人员对该坡度灯进行了传统方式的粉红光测试,测试结果证明,该坡度灯粉红光已超标准(标准为3分,而实测为30分)。坡度灯粉红光过宽,在特定的时间、区域,受环境光线的影响会对人的眼睛产生视觉差。

### (四) 结论

由于坡度灯使用年限过长,内部固定件老化严重,使得内部结构发生了位移,导致坡度灯粉红光过宽,超出了标准值。再加之日落前光线扰动,使得粉红光过宽的影响进一步加剧,导致坡度灯显示异常。

此坡度灯保养良好,但超过了使用年限,最终更换为新型坡度灯灯具,并进行了特殊校飞,故障得到了彻底的排除。

很长一段时间内困扰运行人员的问题终于得到了解决,仪器使用的初衷是帮助我们更好、更快的排除故障,而在这起事件中,过于孤立、片面的看重仪器测量的数据,认为坡度灯灯具仰角没有变化,就排除了光线角度的原因,而没有考虑到灯具内部结构发生变化会导致灯具发出的光线角度改变。从一开始就误导了我们故障分析的方向。所以对于故障原因的分析一定要全面深入、切合实际,立足工作原理,综合各种因素来思考。

### 参考文献:

- [1]机场助航灯光电工操作技能
- [2]助航灯光专业知识