

舱仪表与仪表板

照明设计

《航空与航天》丛书

座舱仪表与仪表板

江苏工业学院图书馆

·内部发行·

藏书章

谭荣章 译 于亚臣 张大信 校

出版说明

这本小册子是美国工程技术人员来访携带的资料。包括《座舱仪表照明设计技术》和《座舱仪表板设计》两部分。作者是哈利·怀特非尔德、沃尔·福尔和乔治·H·凯林。本书内容比较新颖，可供从事仪表设计与制造以及飞机设计工作的有关同志参考。

目 录

· 序 言 ·

第一章 座舱仪表照明设计技术 *
第二章 座舱仪表板设计 *

1. 座舱仪表照明设计技术 (1)
2. 座舱仪表板设计 (46)

座舱仪表照明设计技术

目 录

前言

航空航天仪表系统白炽灯照明设计准则

目的

总则

照明系统的构造与设计

灯泡

灯的布置

灯的电路

散射光

刻度盘能见度

旋钮与字标

标记

对比度

附录 I

各种照明系统

导光楔照明

背透照明（透视法）

棱体与环式照明

各种照明系统图例

姿态指示仪的设计思想

通用资料和说明

术语

前 言

多年来，飞机仪表不是用远距座舱灯，就是用直接装在仪表外的带罩小灯泛光照明。光的范围从光谱的红端到紫外端，紫外光用于激发仪表上的萤光标记。这些技术有许多缺点：亮度不当、照度不均、散射光过多以及紫外光经常严重干扰飞行员夜间视觉。

在五十年代初，军事部门发行了MIL - L - 25467和MIL - L - 27160军用规范，规定了仪表系统的照明要求。这两本军用规范的主要区别在于对照明光的颜色要求不同；MIL - L - 25467要求采用航空红光，而MIL - L - 27160则要求采用低色温白光。

两本规范规定了被照标记的亮度，最大亮度与最小亮度之间的最大容许比值，最大的容许散射光，使用何种白炽灯以及照明系统的最低寿命等。两本规范还规定了仪表的整体式照明：即照明灯装在表壳内，电气出口终端用一个通用或专用接头连接在仪表的背后。

为了达到规范要求，仪表制造厂常用边缘照明、导光照明、楔式照明、透射式照明以及这些技术的组合。此外，对照明用的器材，如小型白炽灯，高温塑料和涂料等作了改进。

本节论及目前航空、航天仪表中使用的白炽灯照明的设计准则和各种照明技术（包括一些说明其应用的例子）。

航空航天仪表系统白炽灯 照明设计准则

目的:

本节目的在于向设计者推荐,并使他们掌握有关航空航天仪表系统白炽灯照明设计的各种准则及有关技术。

总则:

目前,在设计者面前,有许多总体照明方法,其中一些最基本的方法在附录 I 中讨论。在选择仪表照明方法时,有一些基本观点和决定因素必须考虑。即:

- a、进行仪表设计的专用规范(军用/或民用)。
- b、环境条件(周围亮度、高温、低温和充填介质等)。
- c、使用的电源(交流、直流、5 V、28 V等)。
- d、照明器件的容许体积和重量。
- e、成本。

照明系统的构造与设计:

器材:照明系统所用器材必须按航空航天仪表的高质量要求进行选择,应特别考虑仪表进行工作和试验时的工作条件和环境条件。照明系统一般总是在比它工作的环境温度高得多的

条件下工作。在选择照明器材时，应当适当考虑照明器材对照明颜色的影响。

照明系统：照明系统不应影响仪表任何显示部分的可见度。无标记的部位可以只用一个白炽灯来进行照明。照明系统的寿命应比仪表的使用寿命长，同时不能影响仪表的正常工作。附录 I 列出了对设计者可能有价值的某些技术。

表玻璃防反光方法：在表玻璃以及表玻璃与显示面之间的其它透明元件（如楔形玻璃）应按规范 MIL - C - 675，MIL - C - 14806 和 ARP 924 的规定涂防反射薄膜。

灯泡：建议采用符合军用规范 MS 27569、MS 27570 和 MS 27571 的灯泡作为光源，符合军用规范 MS 24367、MS 24515 和 MS 25237 的灯泡也可采用。但是，由于前三种军用规范的要求更为严格，所以，应当优先采用。用户常常自己设计灯的图纸，包括一些专用或通用的附加控制器式要求，作为军用规范灯基本图纸的补充。

特性：值得注意的是某些灯在尺寸、功率耗散、发光强度、寿命和色温等方面容许有很大变化。选择具体仪表用灯时，应仔细考虑这些因素。如果透明灯泡不能满足照明光色或表征色温的个别要求，则可采用下述着色方法。

着色灯泡：任何透明灯泡都可以涂漆或染色，以满足光色或表征色温的要求。涂层应保证色泽均匀，不允许有未着色漏光的孔眼或未涂到之处。当灯开始点亮和热到稳定工作状态后，涂层应使灯发出的光符合规定要求。灯泡涂层在规范规定期限内，在仪表工作和承受环境温度的条件下，不应有超过规定的龟裂、变质、剥落或退色。

如果涂漆灯泡不能满足规范要求，可使用在工作和试验环

境条件下不会变质的有色玻璃灯泡。

滤光片：也可使用滤光片以满足光色或表征色温要求，在规范规定的时间、工作和试验条件下，该滤光片应保持尺寸、光色和透明度的稳定性。

灯的布置：把灯装入仪表壳体内，各种照明方法灯的典型位置见附录 I。

灯的电路：电路最好设计成用额定电压为 5 V 的照明灯。所有的灯都应当并联，电路终端与仪表插座的两个独立电气插件连接。在仪表内，不应使用电阻来改变灯用电压。

绝缘强度：整个电路与金属壳体之间的绝缘应能承受市电周率的正弦 5 秒钟而不发生破坏，除充氮密封仪表的试验电压为 200 V 均方根值外，采用的正弦电压的均方根值应为仪表最大照明电压 500 V 的 5 倍。

电气插座：除非订购单位另有要求，照明电路的终端应接在电气插座的两个独立的插件上，该电气插座用于将其它电气终端接到仪表上。除照明电路外，如果仪表不需要电气插座应该提供一个至少带两个独立的电气插销的插座。在运输和库存期间，应当用保护盖盖住插座。除非订购单位另有规定，插座应固定于表壳背面。在照明电路终端应当配备一约 3 英尺长导线的配套插件，以备合格试验或试生产试验设备使用。

散射光：照明系统应进行封装，以防止散射光漏出，而且应进行屏蔽、以免直接看到灯丝。

刻度盘能见度：照明系统决不应限制任何刻度、数字、指针和其它特定标记的能见度。

旋钮与字标：除有关仪表规范中另有规定外，与仪表旋钮位置有关的所有标记和在仪表表面的所有字标应被照亮。

标记：当不开照明灯时，按有关仪表规范的规定，显示可以是白色、黑色和灰色的任意组合。颜色应符合 F E D - S T D - 595所列颜色号码，白色№37875、黑色№37038、灰色№36373。较凸出的部分应符合一种或多种日光色萤灯光色或与之相当的颜色。橙红、绿黄和青绿是典型的强反射颜色（参考俄亥俄州克利夫兰市什维治尔（*Switzer*）兄弟公司规定）。

对比度：日光下在仪表刻度的白色和黑色部分之间的对比度应为12或更大。在仪表刻度白色和灰色部分或灰色和黑色部分之间对比度应为5或更大。对比度C的定义为：

$$C = \frac{B_2 - B_1}{B_1}$$

式中 B_2 是灰色或白色的亮度，而 B_1 是仪表刻度黑色或灰色部分的亮度。

对比度的测量应在均匀的漫射照明下进行。测量时，应去掉显示面前面的表玻璃或其它透明物。

附 录 I

各种照明系统:

下文论及现代飞机仪表设备采用的各种照明系统。一些比较通用的照明系统包括:楔形照明、背透照明和环式照明,常常采用这些系统的两种或两种以上的方式对一个仪表进行组合照明。应当指出,常有许多因素影响用于一具体仪表的照明系统的选择,这些因素主要是:仪表显示部分的布局包括大小、形状和显示元件的位置、表内可用空间和视角要求等。对于所设计的具体仪表,全面地考虑这些因素,往往就会得出一个或几个系统组合的比较兼顾的方案。设计方案一经确定设计者应利用选择的余地努力改进仪表显示与仪表照明系统之间的兼顾性。举一简单例子,假设有一楔形照明仪表,该表在其显示元件中有一读数计数器,要使光线以较小的入射角(约 15°)从楔形玻璃射出,又要使计数器位于能遮住楔光射入计数器的挡板后面,设计者就必须考虑在计数器上方挡板上做一锯齿形斜角(见图4),以改善计数器挡板和楔形玻璃之间的兼顾性。

有时,显示部分较为简单的仪表,可以用具有相同效果的任何一种方式进行照明。在这种情况下经济性、用户的选择爱好和工艺性等常常是决定因素。

下面将研究各种照明系统的功用,设计和应用,同时,举一些例子来更清楚地阐明各种照明系统的典型应用。

导光楔照明:

功用: 这种型式照明的效果取决于从楔形玻璃厚端进入的光及其内部反射情况。光在两个成一定楔形角的平面内来回反射, 每反射一次, 光线的入射角就要减少一倍楔形角, 当入射角减少到等于物质的临界角时, 光线就会折射而去。在以后的每次反射中, 光继续折射。从楔形玻璃射出的光称为散射光, 而从其后面射出的光是所需要的照明光。楔形玻璃射出光的方向和数量的变化是楔形角, 楔形玻璃厚度以及光线进入该楔形玻璃的角度的函数。

将楔形玻璃“工作面”打磨和抛光成球形或园柱形能改善亮度均匀性, 并能提高效率。实际上该球形或园柱形“工作面”局部地增大了楔形角, 从而使楔形玻璃局部地射出更多的光。这种方法在某些情况下使用是有益的。但是, 球形或园柱形“工作面”的半径大小和中心应认真确定, 既不要使仪表上部因楔形角的增加而特亮, 又不要使其下部因无楔形角而变暗。无论如何, 对楔形玻璃前后两个面很好地进行抛光是非常重要的。

设计: 首要的问题之一是灯的位置。为了取得最好的照明效果, 最好是完全封装灯泡, 因为这样能得到良好的光线分布和最大亮度。在楔形玻璃顶部和边缘涂上不透明白漆能够提高亮度, 同时, 还能防止光线泄出和泛照在仪表上。如果没有足够空间对灯进行完全封装, 也可以局部封装或将灯简单地横装在楔形玻璃顶部或上部角上。不管怎样, 将楔形玻璃光线进入处做成轻微散射表面, 楔形玻璃就能在其有效面积上提供一个改善光线分布的朗伯表面。如果不让光线从楔形玻璃周边泄

出，可使用涂漆或遮蔽方法。

导光楔照明，它是将仪表的表玻璃作成楔形，以补偿楔形玻璃楔形角，从而，在仪表顶部的楔形玻璃厚度最大时，表玻璃下端的厚度也最大。这种补偿楔形表玻璃使总的显示亮度超过单独的楔形玻璃所得到的亮度。使用补偿表玻璃还有另外两个优点：一是减少仪表射出的散射光；二是防止楔形玻璃因灼热而产生裂纹。

图 1—9 叙述导光楔照明系统的某些方面，包括一些典型应用和技术。

优点：该系统的最大优点是能用导光楔照亮整个显示部分（在给定仪表中），甚至还能照亮任何其它光源所不能全部照亮的部位。

缺点：该系统的主要缺点有：

a、从楔形玻璃前面进入的光和在其后面射出的光以及在显示部分上的光都同样多，这就自然形成大量的散射光，特别是在向下的方向上。

b、楔形玻璃表面的自然光反射是有害的。防反射漆层常能克服该缺点。

c、由于照明光线从尖角处射向显示面，多级显示常受尖角产生的阴影的遮挡。

背透照明

功用：背透照明是把光源装在透明刻度盘之后来照明的一种表内照明方式。

设计：背透式照明中，仪表的刻度盘是光导体材料，标记处涂以白色透光漆，其余处涂不透光漆层。灯装在刻度盘后能

直接照射的地方，这可能形成热点，这些热点必须用减少在热点上透过刻度盘的光或遮蔽照明灯的方法来抵销。另一种方案是将灯泡封装在刻度盘后导光体的盲孔内，其设计和涂漆应使其发出的光均匀地分布在其表面上，从而使光源的光线均匀漫射到刻度盘。图10和11说明背透式照明的某些技术。

在这种照明形式中，要求低背景亮度，以消除闪烁效应，这种效应在只需标记照明时就会发生。建议黑色背景与白色标记之间的亮度比应大约为20:1。

指针可采用中枢照明的方法，即指针也是导光体制成。导光体中心开有一反射面的孔，光线由此反射到指针，在指针内传输，照明指针尖部如图11所示。重要的是指针应有足够厚度，使光能传到指针尖部。如果指针太薄，光在传到其全长之前就会耗散，产生极不均匀的亮度。当指针采用中枢照明时，最好使灯尽可能靠近中枢，以获得最大亮度。

优点：这种照明方式的优点是能全部消除散射光，并能较好地控制亮度和均匀性。

缺点：要特别注意选择材料，以控制热变和色变。

棱体与环式照明

功用与设计：环式照明是在刻度盘的外圈加一个略高出刻度盘的导光环组成。灯泡可安装在导光环内任何便于安装的位置。在导光环上常常需要开口或将两端弯回，以让灯光进入（见图12）。导光环的外边常涂白漆，使导入其中的光反射到显示面上。照明灯应当遮蔽以防止直接靠近灯的显示面亮度过大。从导光环射出的光对显示面进行泛光照明。简单的导光环不怎么好，在现代仪表照明系统中很少使用。另一种方法是沿着

显示面周边安装一棱体导光环，而光源灯则装在刻度盘（不透明）的背面。在棱体上，装一散射光挡圈，使散射光保持在给定角度内（见图14）。也可在导光环的内径处紧贴一挡圈，以完全消除散射光。在所有这些方式中，都需要给照明标记一定厚度，使其提供的反射光越大越好。

在设计棱体导光照明系统中，应把灯装在离棱体导光环较近的位置（约 $\frac{1}{4}$ 英寸）。将棱体导光环和照明件结合成一块，以提高系统效率。棱体导光环的所有表面要求精细抛光。这些抛光面保证大部分灯光通过棱体光环，最终射到指针或其它显示元件上。刻度盘或其它平显示部分（平行于仪表表玻璃）不由棱体光环照明。通常这些元件即刻度盘等是导光照明，在这种情况下棱体光环和导光照明刻度盘使用相同的照明灯。如图13所示，一只直径三英寸的表，用八只T1（715型）灯泡就能完全照明。如要求用滤光片，则这些滤光片应是透明的和镜面状的。使用离散射滤光片，如硅橡胶，会降低棱体光环照明系统的效率。

各种照明系统图例

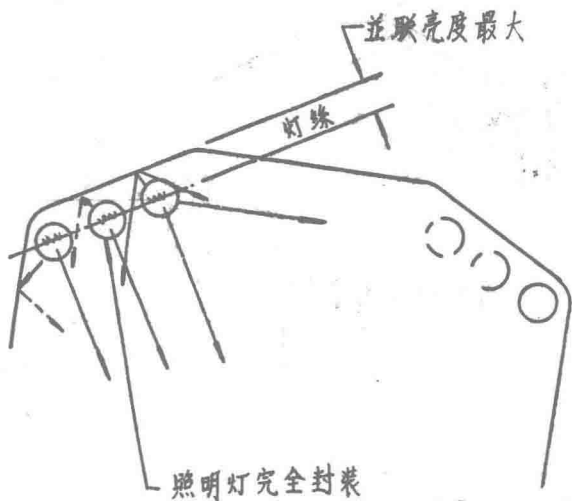


图1 导光楔照明

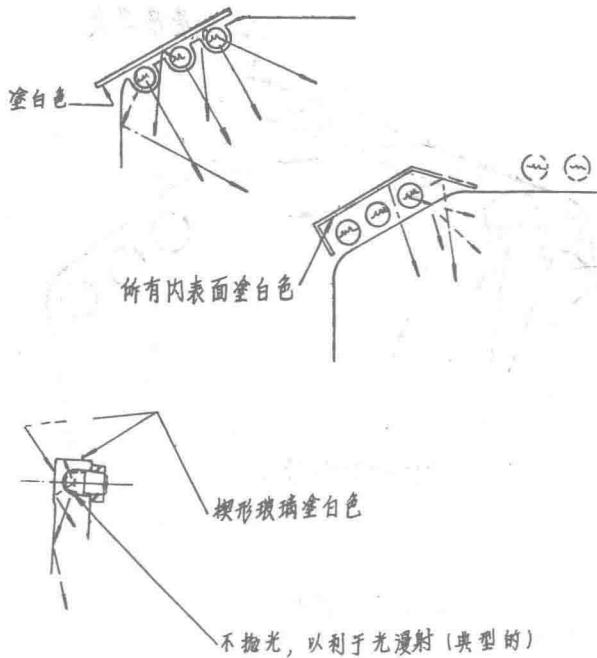


图2 导光楔照明