

# 基于视觉生理的民机应急 出口标志字体研究

## Study on Font of Emergency Exit Sign for Civil Aircraft Based on Visual Physiology

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:

民用飞机客舱应急出口标志为乘客在紧急撤离时提供指引作用,但究竟选用哪种字体更为合适却没有统一的规定,从视觉生理的角度对比分析了几种常用的印刷字体,从而选出最佳的字体。

**关键词:** 视锐度;视角;出口标志;字体

**中图分类号:** V244.21

**文献标识码:** A

**[Abstract]** The cabin emergency exit sign of civil aircraft provides a guide for passengers to evacuate from cabin in emergency situation. But there is no authorized font which is most suitable to choose. This study analyzed and compared with some traditional fonts. At last, a most suitable font was recommended.

**[Key words]** visual acuity; visual angle; exit sign; font

## 0 引言

民用飞机适航规章要求在飞机客舱中必须安装“应急出口标志”用来引导旅客在紧急撤离时快速找到逃生出口,并且对出口标志的发光特性提出了详细的要求:首先必须使用白底红字,且白底面积至少  $135\text{cm}^2$ 、字高至少  $38\text{mm}$ ;亮度要求是:白底亮度至少  $85.7\text{cd}/\text{m}^2$ ;均匀度要求是:底部明暗对比度不大于  $3:1$ ;字与背景的对比度要求是:被照亮的底与字的对比度必须不小于  $10:1$ <sup>[1]</sup>。这些规定在光度学上保证了人眼对物体的识别要求。但对面板上选用的字体未做具体的规定,本文基于视觉生理的成像分析,提出建议的字体。

## 1 视觉成像机制

人类的视觉系统接受至少 70% 以上的外界信息,它使我们能感知万物的大小、形状、颜色、亮暗、动静和远近。视觉系统通常由眼球和视觉中枢神经组成。其中眼球的光学介质包括角膜、房水、晶

状体、玻璃体和视网膜,它们组成了一个精密的光学系统,如图 1 所示,其成像与照相机成像相似,晶状体就相当于一个可变焦距的凸透镜,视网膜相当于成像的光屏。视觉成像是物体的反射光通过晶状体折射成像于视网膜上,再由视觉神经感知传给大脑,这样人就看到了物体。

当然,若要看清一个物体除了要有健全的生理结构,还需要的外因有:亮度、亮度对比度、尺寸(物高)、距离(物距),本文中涉及物高和物距两个因素,如图 2 所示。

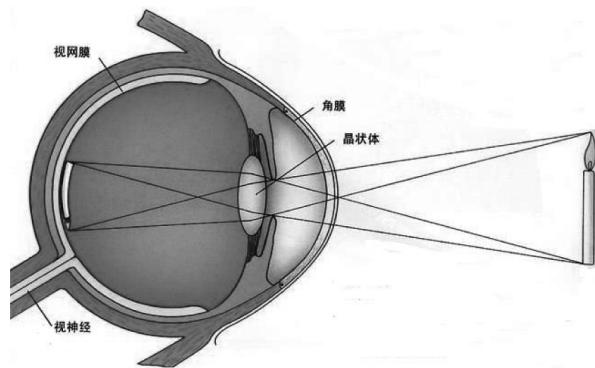


图 1 眼球结构

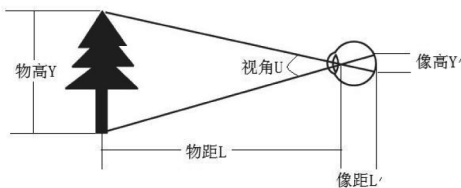


图2 眼球成像示意

## 2 视锐度与视角

为了说明物高及物距对成像的影响,须引入视锐度的概念。视锐度又称视力,通常定义为在一定条件下能够分辨的最小细节所对的视角值(以角分 $V$ 为单位)的倒数<sup>[2]</sup>。

由图2可知:

$$V = \frac{1}{U}; \tan \frac{U}{2} = \frac{Y}{2L} \quad (1)$$

当两个物体空间距离为零(即重合)时,人眼是无法分辨这两个物体的,逐步扩大两者的间距,当恰好能够将两个刺激物区分开来时,此时两个刺激物的距离即为最小距离,这个距离所形成的视角就是这两个刺激物的最小区分阈限,将其倒数称为视锐度。目前公认的人眼正常视力为1.0,即能分辨视角为 $1'$ <sup>[3]</sup>。

从理论上讲,为了区分两个物体,其成像必须落到眼球中央凹的两个邻近的锥体细胞上面。根据相关研究组织最近测量的结果,一个中央凹锥体细胞的实际大小大约是 $24''$ 角。因此,两个物体之间的距离若大于 $24''$ 角,这两个物体的成像就可落到两个锥体细胞上,而且其间还有可能相隔一个锥体细胞。故理论上人眼实际的分辨视角是 $30'' \sim 60''$ 。

在民用飞机客舱应急出口附近均印有出口标志。不同大小(字高)的字符对乘客形成的视角也不同,因而对乘客的辨识率也不同。在相同字高的前提下,选用不同的字体也会对辨识细节产生影响。

## 3 传统汉字字体

我国的汉字文化博大精深,汉字在秦始皇统一中国后,经过李斯等人对秦文的收集、整理,形成了统一的文字——小篆。到了汉代发展为隶书。到了魏晋时期,隶书又发展成楷书。宋代,由于印刷术的发展,在楷书的基础上形成宋体。此后又在此基础上出现了笔画粗细一致,便于刻字的仿宋,后来成为汉字打字机使用的标准字体。文件印刷使

用仿宋体,是沿袭了打字机的传统。黑体又称方体,其字体端庄,笔画横平竖直,笔划全部一样粗细,结构醒目严密,使人易于阅读,常用于标题、导语、标志等<sup>[4]</sup>。现代汉字简化后,印刷常用的字体有宋体、仿宋、黑体、楷体。

在这几种字体中究竟选用哪种字体才更加有利于乘客辨识呢,下面结合民用飞机适航规章的相关内容对此做进一步分析。

## 4 规章对字体的要求及视角分析

1985年英国空游航空28号一架搭载137名旅客的波音737客机在起飞滑行过程中左发动机起火致55人死亡。这架飞机既没有起飞也没有冲出跑道,竟然导致55人死亡,事后的调查发现旅客在紧急撤离时的慌不择路、推挤、烟雾毒气等因素是酿成惨剧的原因。此后民航规章便增加了“紧急撤离照明(25.812)”等条款,以保证乘客在烟雾弥漫的客舱中快速撤离。25.812条款中关于应急出口标志字体大小表述为:“字高至少 $38\text{ mm}$ ( $1.5\text{ in}$ ),字高与笔划宽度之比为 $7:1$ 至 $6:1$ <sup>[1]</sup>”。

### 4.1 条款解析

这里所谓的出口标志是指字符“EXIT”,其对应中文为“出口”。前者4个字母中“E”相对笔画多,最为复杂,所以只要能够辨别“E”字即能说明能够识别整个单词。故我们可以将研究对象放在“E”上。同样对于中文,只要研究“出”字即可。“字高至少 $38\text{ mm}$ ”可以理解为对“出”字的轮廓的识别要求,字高太小会导致看不见这个字;而“字高与笔划宽度之比为 $7:1$ 至 $6:1$ ”是对其细节辨识的要求,笔画太粗,则笔画间隙的视角变小,笔画太细,则笔画本身的视角变小,任何一个都可能会影响视觉成像及对该字符的识别。在宋体、仿宋体、黑体、楷体几种常用的印刷体中,字高的设置比较容易获得,但汉字的笔画宽度与其字高都是有内在关联的,即一旦设定字高,其笔画宽度就自动形成了,也就是说这几种(所有常规字体)都无法满足“字高与笔划宽度之比为 $7:1$ 至 $6:1$ ”的要求。关于这一点,可以从两个方面解决:第一“制造”一个满足笔画宽度的字体,第二,从视角分析的角度证明 $38\text{ mm}$ 字体的汉字是否能被一般大众所识别,并进而选取相对更优的字体。

### 4.2 视觉恒常性

在讨论第一个方法之前,须引入“视觉恒常性”

的概念。当人们看日出时,仅须看到“一弯”太阳便可识别那是太阳,而不必等待“整个”太阳升起时才“确认”那是太阳。因为当看到“一弯”太阳时,大脑中存储的记忆已经“填补”了余下的太阳,这就是视觉恒常性。其严格定义可表述为:视觉恒常性是指物体的物理特性(大小、形状、颜色)受环境的影响而改变,但我们对物体的直觉经验却保持其固有的特征而不随之改变。

视觉的恒常性说明,人过去的经验在知觉中起着至关重要的作用。标准印刷体的字体如宋体、仿宋体、黑体、楷体等是我们所悉知的字体。从视觉识别的角度而言,使用手书或其他非标准字体与使用标准字体相比较,后者无疑会大大提高人们对文字的识别速度。因此,本文不建议在民航客舱应急出口标志上使用“制造”字体,因为那样会减缓乘客对文字的识别速度。只有使用标准字体才能达到快速识别的效果,帮助乘客快速找到客舱出口,从而提高乘客在紧急撤离时的速度,提高生存率。

### 4.3 各字体的最小视角分析

客舱应急出口标志在工作时会被点亮,其亮度可达至少  $85\text{cd}/\text{m}^2$ ,且有客舱应急灯提供环境照明,这达到了明视觉的条件,此时人眼的椎体细胞决定了物象的可识别度。故前文所述的视锐度理论适用于本节的结果。

以宋体为例,在给定字高时,其笔画宽度和笔画间距如图3所示,我们选举其最细笔画及最小笔画间距,即为图2中的物高  $Y$ ,人眼只要能够辨识出其中的最小量 ( $Y_{\min} = [0.85 \quad 1.69]$ ),便可以认为该“出”字可以被肉眼清晰识别。同样,我们可以得到其他字体的最小物高 ( $Y_{\min}$ ),如图4~图6所示。

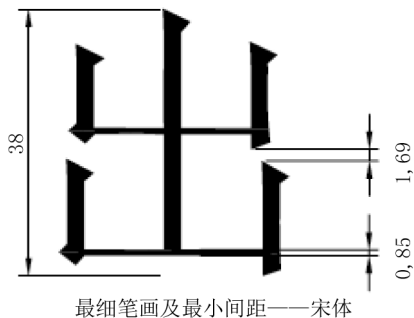


图3

以某90座级民用飞机为例,其最远物距  $L$  为  $13.3\text{m}$ ,当设置字符最小字高为  $38\text{mm}$  时,通过测量得到各字体(宋体、仿宋体、黑体、楷体)“出”字的最小笔画/笔画间距分别为:

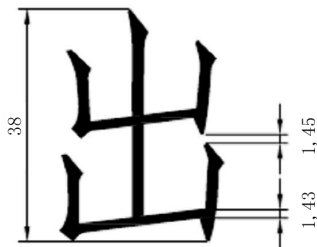


图4

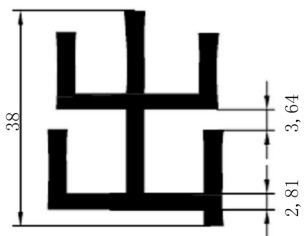


图5

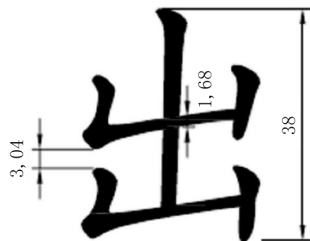


图6

$$[Y_1 \quad Y_2 \quad Y_3 \quad Y_4] = [[0.85 \quad 1.69] [1.43 \quad 1.45] [2.81 \quad 3.64] [1.68 \quad 3.04]] \quad (1)$$

一般而言,由于乘客在客舱观察出口标志时,物距远大于像高,其物象关系可视为“近轴光线”,根据高斯光学理论<sup>[5]</sup>,此时式(1)可简化为式(2)的形式。

$$U = \frac{Y}{L} \times \frac{180^\circ}{\pi} \times 60' \times 60'' = \frac{Y}{L} \times k \quad (2)$$

其中,记  $k = \frac{180^\circ}{\pi} \times 60' \times 60''$ ,  $U$  以角秒为单位,则4种字体的最小分辨视角表达式可写成式(3)的形式:

$$\begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \\ U_4 \end{bmatrix} = \frac{k}{L} \times [Y_1 \quad Y_2 \quad Y_3 \quad Y_4] \quad (3)$$

将式(1)中的数据带入式(3)可得:

$$\begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \\ U_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [13.2'' \quad 26.2''] \\ [22.2'' \quad 22.5''] \\ [43.6'' \quad 56.6''] \\ [26.1'' \quad 47.1''] \end{bmatrix} \quad (4)$$

将式(4)的数据编制成图7的对比图可见,不论是从最细笔画视角还是从最小笔画间隙视角而言,黑体的视角都比其他几种字体的视角大。且根据人眼最小分辨视角 $30''\sim 60''$ 的理论,宋体、仿宋体、楷体的笔画宽度视角及笔画间隙视角均小于该标准,都不能够被人眼所清晰识别。

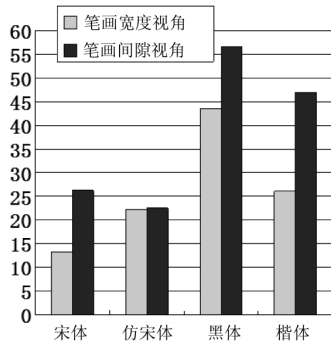


图7

## 5 结论

当民用飞机发生起火等事故时,客舱乘客能否

(上接第47页)

损着陆而造成应急出口标志自身损坏的情况。因此,在分析应急出口标志的适航符合性时,可只考虑由于机身横向垂直分离后,应急出口标志连接应急照明电源的线路被拉断而造成不能正常工作的情况。如此,即要求任何机身横向垂直分离面都不能损坏应急出口标志连接应急照明电源的线路。

应急出口标志采用如图2和图3中所示的双供电模式后,即使在飞机发生横向垂直分离后损坏了一侧的应急照明电源供电线路,另一侧仍有应急照明电源连接,仍能正常工作。因此,采用该双供电模式的应急出口标志能更好地保证其在飞机应急着陆时的正常工作。

## 3 结论

本文中提出的针对应急出口标志的双供电设计方法,可以大幅降低应急出口标志在飞机发生机身横向垂直分离时的故障率,并可简化对应急照明电源的安装位置要求,具有很强的实用性,适用于民用飞机应急出口标志的设计,并对民用飞机在研发阶段的应急出口标志的安装布置和线路连接设计具有一定的指导作用。以上应急出口标志双供电设计方法的要点如下:

在90s内撤离是其能否逃生的关键,因为飞机会在数分钟后烧成残壳。民用飞机客舱应急出口标志发挥着引导乘客撤离的作用,故其选用的文字必须可清晰、醒目、易辨识。本文通过对字体的最小视角分析后认为,宋体、仿宋体、黑体、楷体等标准印刷体中,在相同字高的情况下,黑体的视觉辨识度优于其他字体,应优先选用。

### 参考文献:

- [1] 中国民用航空总局. 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:中国民用航空总局,2001.
- [2] 杨雄里. 视觉的神经机制[M]. 第1版. 上海:上海科学技术出版社,1996.
- [3] 赵凤奎. 人眼的最小分辨视角[J]. 唐山师范学院学报, 2009,30(5).
- [4] 百度百科. <http://baike.baidu.com/view/285104.htm>.
- [5] 迟泽英、陈文建. 应用光学与光学设计基础[M]. 第1版. 南京:东南大学出版社,2008.

(1) 前、中、后三个入口区域的应急出口标志供电线路相互独立,每个入口区域都有两个应急照明电源和两个(或四个)应急出口标志组成一套独立的供电模块;

(2) 每个入口区域的两个应急照明电源分左、右两侧布置在应急门附近,左、右两侧的应急照明电源相对应急出口标志前、后交错布置;

(3) 应急照明电源安装在客舱地板上方,以防止飞机在水上迫降时应急照明电源因遇水而损坏;

(4) 应急照明电源采用连接器朝下的安装方式,以防止线路上的积水进入电源内部。

### 参考文献:

- [1] 李杰. 大型民用飞机应急撤离模型与仿真方法研究[J]. 航空计算技术, 2010, 40(2): 40-42.
- [2] 任仁良. 飞机应急照明电源原理及校验方法[J]. 中国民航学院学报, 1999, 17(5): 12-16.
- [3] 田彬. FAR 关于改进应急撤离演示程序的最新规章[J]. 民用飞机设计与研究, 2006, (2): 27-28, 43.
- [4] 王正华. 直升机应急逃生照明系统及其效能研究[J]. 海军医学杂志, 1997, (03).
- [5] SAE-ARP503F. Emergency Evacuation Illumination[S]. USA: SAE Aerospace, 2004.