

三种攻角误差符的比较研究¹⁾

崔 代 革

中国科学院心理研究所,北京

摘 要

本实验是通过计算机系统、平视显示器系统及歼-5模拟驾驶舱实现的。攻角误差符及背景画面都逼真地模拟了平视显示的动态情景。通过对被试者信号响应能力的测定,从中优选出较理想的显示方式。

此外,在实验的基础上,又对飞行部队进行了调查,并取得了相似的结果。

问 题 的 提 出

攻角误差符是在飞机进场着陆时,用以指示攻角的大小。攻角是机翼的前进方向和翼弦的夹角。在飞行中,飞机不会总是沿着基准线飞行,而是有时抬头,有时低头,千变万化,所以攻角就经常改变。在着陆时,攻角过大或过小都易发生飞行事故。


美国选用的攻角误差符与本实验的A种符号相同(见图1)。他们对攻角误差符的参照问题及显示格式曾做过某些研究。在国外该种符号种类繁多,但至今未见到对该符号的优选实验报告。而法国最新机种“幻影2000”采用的攻角误差符与本实验的B种相同。美国在“AD”报告中指出了A种存在的问题,同时也强调了标准化的必要性^[1]。

鉴于攻角误差符是飞机进场着陆时需显示的主要符号之一。因此,有必要通过我们的实验研究对种类繁多的攻角误差符进行筛选,以便确定适合我国飞行员心理生理特点的攻角误差符,为达此目的,本实验通过对三种不同攻角误差符的动态响应效果的研究,从中优选出较好的显示方式。为我国的研制单位提供较为科学的数据。

实验画面及设备

一、画面

1. 实验符号,如图1所示。

(1) 在A种显示方式中,“C”表示允许的攻角范围  称为小飞机符号,用以表示速度矢量。当小飞机符号的机翼位于允许的攻角范围中心点时,表示攻角没有误差(如该图所示),若小飞机符的机翼高于中心点表示攻角偏大,反之,表示攻角偏小。

1) 本文于1987年3月13日收到。

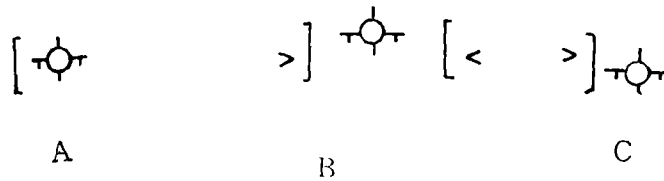


图 1 三种攻角误差符

(2)在 B 种显示中,><是飞机下滑速度的指示符。] [既表示允许的攻角范围,也表示允许的下滑速度范围。两对符号都处在动态中。当下滑速度符位于允许的攻角范围中心时,表示下滑速度正确,高于中心表示其速度偏高。反之,偏低。

下滑速度与攻角的关系是下滑速度大,攻角应低。反之,攻角应大。当三种符号处于 >] 中心位置时,表示攻角大小及下滑速度都正确。

(3) C 种是 B 种的简化形式,所表示的意义同 B。

2. 背景

背景为进场着陆画面,如图 2 所示。整幅画面均处在进场着陆的动态情景中。攻角误差符与背景画面中的俯仰和地平线叠加呈现。

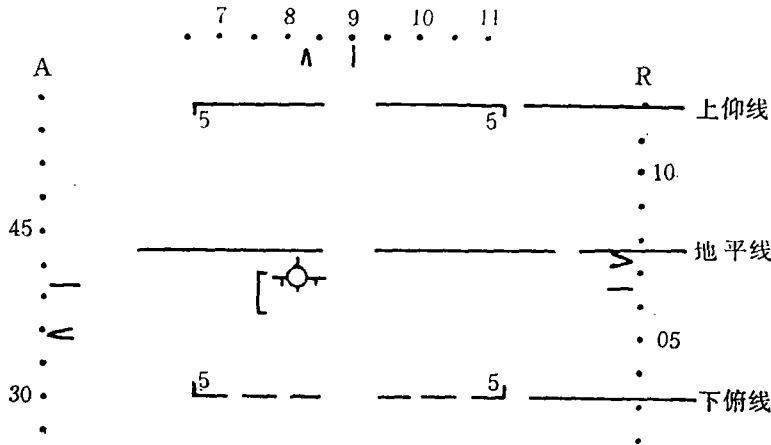


图 2 进场着陆画面

二、显示方式

1. 响应点

根据飞机在进场着陆时应按最佳攻角下滑,即应有一条理论下滑线。从实验目的出发,设计了一条实验下滑线,当它与理论下滑线相交时,为最佳攻角状态。要求被试者在此交点上作反应,称作反应的交点为响应点,如图 3 所示。从显示画面上看,当飞机的下滑速度符与速度矢量符(小飞机的机翼)在一条水平线上,并位于允许的攻角范围的中心点时,被试者应准确、迅速作出反应。

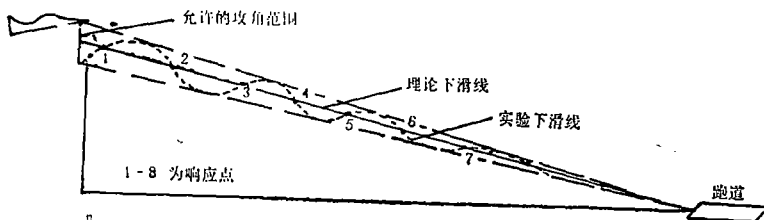


图 3 着陆下滑线及响应点示意图

2. 显示方式

攻角误差符与动态背景画面叠加,呈现在画面的中央部位,即视场中央部位。然后从视场中央部位向左下方向移动,即随“飞机”下降而向左下视场移动。同时整个攻角误差符从小至大变化。因此,该符号与背景画面都处在动态情景中。

三、实验设备

本实验在歼-5模拟座舱中进行,以 DJS-130 电子计算机系统、平视显示器系统实现动态字符画面显示。并用日本 ECG-6151 型心电图机做心率测量。

通过软件技术,全部字符显示及背景画面都逼真地模拟了平视显示的真实情景。

计算机系统按帧时打印反应时,每帧采样一次,1 帧=0.058 秒,反应时误差不大于 .058 秒。

实验方法及步骤

实验前先测被试安静时的 II 导心电图,并计算出安静时的心率。然后向被试讲解实验画面、做法及要求,并对每位被试进行等量训练,当被试学会后,实验正式开始。

被试注视平视显示器上所呈现的字符及指令,手握歼-5 驾驶杆,以手动方式作出反应。响应宽容度为 1 秒。即在刺激出现后 1 秒钟内的反应为正确反应。记录其反应时、响应次数、响应点位及心率。对每种符号连续响应八次。各响应点之间的间距不等。八次响应完毕休息 5—10 分钟。计算机打印结果。程序如图 4 所示。

三种攻角误差符呈现顺序按拉下方排列。

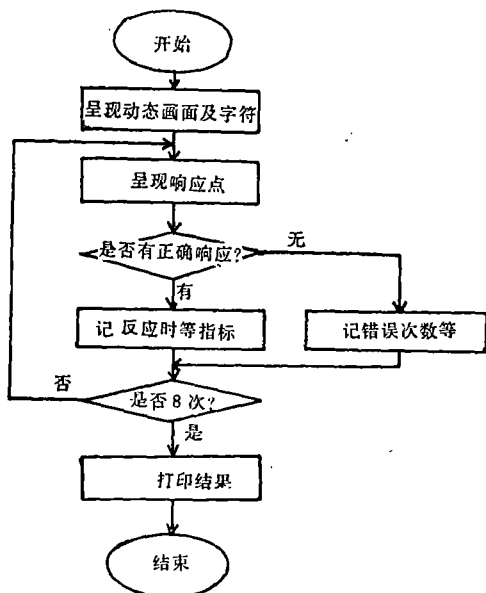


图 4 程序流程图

实验结束后记下主诉。

被试共 24 人。视力都在 1.0 以上(含矫正视力)。心率正常。年龄在 30 岁以下,都具有

大学毕业的文化程度。

实 验 结 果

一、从反应时看,三种符号中以C种最优,B种次之,A种最差。A与B,A与C之间的差异非常显著,而B与C间的差异不显著。见表1和表2。

表 1 攻角误差符各指标汇总表

符 号	反 应 时		正 确 次 数		响 应 点 位		心 率	
	\bar{X}	S	\bar{X}	S	\bar{X}	S	\bar{X}	S
A	0.447	0.214	3.591	1.223	2.595	3.038	80.573	16.844
B	0.182	0.092	2.625	1.348	3.635	1.515	78.983	16.015
C	0.181	0.095	2.857	1.516	4.131	1.240	79.021	12.336

表 2 平均反应时 t 考验值

符 号	B	C
A	5.462***	5.132***
B		0.066*

注, *— $P>0.05$; **— $0.05>P>0.01$; ***— $P<0.01$ 。

二、从正确响应次数看,A优于B和C,A与B间之差异显著。见表3。

表 3 平均正确响应次数 t 考验值

符 号	B	C
A	2.443**	1.681*
B		-0.542*

注, *— $P>0.05$ **— $0.05>P>0.01$ ***— $P<0.01$ 。

三、响应点位指标中,B最好,A最差。A与B,A与C间差异非常显著。见表4。

表 4 平均响应点位 t 考验值

符 号	B	C
A	5.423***	4.811***
B		-1.790*

注, *— $P>0.05$ **— $0.05>P>0.01$ ***— $P<0.01$ 。

四、在实验中三种字符引起的心率变化比安静时都明显地加快,其差异达非常显著的水平。但实验中,三种字符引起的心率变化,彼此间均无显著性差异。见表5。

表 5 平均心率 t 考验值

条 件	A	B	C
安静	-4.018***	-3.123***	-5.020***
A		0.815*	0.754*
B			-0.017*

注：安静时的平均心率为68.45次/分。

讨 论

一、关于 A 种显示

由于 A 种显示方式是由允许的攻角范围和速度矢量两种符号组成,在允许的速度范围符上没有中心刻度标记,因此被试普遍认为不能准确作出判断,在“中心点”上作响应也就困难,这就造成判读误差较大。加之背景画面上的俯仰和地平线在不停地变动,判读的难度就更大了。也有人反应此种显示缺乏客观参照作依据,只凭主观判断作响应而感到紧张,这就降低了判读的准确性。因此,都认为此种显示方式不好。

在平均正确响应次数的指标中, A 种优于其它两种,这不能说明 A 种的显示方式就好。本文作者认为,评定一种显示方式的优劣,不仅要每种指标进行具体分析,而且还要对各种指标进行综合考虑。也就是说,本实验不能只从正确响应次数这一指标来评定,还要根据反应时和响应点位等指标进行综合评定。因为从反应时看, A 种比其它两种要慢 2.5 倍。反应时间延长,响应点位落在宽容度的下限处(接近刺激呈现后 1 秒钟的部位)的就多。这就提高了正确响应的次数。如果,对 B、C 两种的反应时延长的话,其正确响应次数会有明显增加的趋势。因此,符号的优劣要进行综合评定。

二、关于 B、C 两种显示

这两种显示很相似,都由允许的攻角范围符、下滑速度符和速度矢量符三部分组成。C 种字符只是 B 种的一部分。对这两种符号作响应时,判断的方式也相同。许多被试对对称的 B 种字符作判断只根据左半部分的符号进行(与 C 种显示相同),也就是按对 C 种的判断方式来反应。这就表明知觉具有选择性的特征。当被试在感知攻角误差符时,将具有内在联系的三个符号(允许的速度范围、下滑速度和速度矢量)视为一个认知单元,这就是在知觉过程中将空间上最接近的部分视为一组知觉对象的缘故。因此,在四种指标中, B 和 C 两种的实验结果较接近,不存在统计学上的差异。

从被试的主观评价来看,有 56% 的人认为 C 种最好,其观点是组成 C 种的符号集中,在判读时可使视线集中在较小的范围内,避免了不必要的眼球运动,从而加快了辨认速度。还有 44% 的被试肯定了 B 种的显示方式,认为图形对称、好看。

三、实际使用情况

优选哪种攻角误差符更好呢?除对每种符号作了具体分析外,还应考虑该符号的实际使用情况。首先是对该符号判读精度的要求。攻角误差符是进场着陆时的主要指示符。在进场着陆时应保持最佳的攻角状态,方能确保安全着陆。因此,本文作者认为对此

符号应精读,而不是粗读。通过反应时和响应点位就可表明判读精度上的差异,即B和C两种都优于A种。其次,还要从实际飞行出发,不应忽视着陆时侧风的影响。由于飞机受到侧风的影响,会向左或向右偏离航迹。在画面上速度矢量符(“小飞机”)就会发生偏移。向左偏移就使原来的B种显示方式变成C种显示方式,向右偏移就使之变成反向的C种显示方式。即使没有侧风影响,“小飞机”符号不存在偏移现象,一部分被试也是按照C种显示方式来作反应的。如果选用C种,侧风影响会使“小飞机”符号远离另两种符号。那么,判读的准确性和速度都会有下降的趋势。若此因素应予考虑和重视的话,选用B种不仅可以避免图形“失真”现象,而且在侧风影响下,使攻角误差符可从B种显示方式转变成C种方式,从而能保证精确判读和正确反应。

四、关于实验中心率变化

本实验选用心率作为情绪反应的生理指标,因为人的反应能力与机体的心理生理状态有着一定的关系。在适度的情绪状态下能维持对工作的积极性和从事持续的智力活动。但过度的情绪反应(太多或太少)往往会对工作效率产生不良的影响^[2]。

实验中三种不同的攻角误差符所引起的心率变化比安静时都有显著增加,但三种字符引起的心率变化在实验中并无显著性差异。这不足以说明对三种字符进行响应时所处的情绪状态是相同的。究竟哪种引起的心率更适度,更具有积极的情绪因素,并非心率越高就越好。对该问题的分析不能忽视被试的主诉,有100%的被试认为A种显示方式不好,他们期望最佳状态的标记应明确、醒目、便于辨认,A种缺乏这些因素。因此,在作反应时都感到紧张、焦虑。实验结果也表明了A种引起的紧张情绪对工作效率(反应速度和准确性)确实产生了不良影响,使工作(反应)难度增大。总之,A种不是较理想的显示方式。

部 队 调 查

一、调查目的

虽然从攻角误差符的动态响应实验数据可优选出较理想的显示方式。但为了使我们的优选出的攻角误差符有更充分的依据,有必要到飞行部队去征求飞行员的意见。

此外,优选攻角误差符是与判读精度相关的,倘若飞行员对判读精度要求不高,粗读就可以的话,那A种显示也就够了。因为它只占据较小的显示区,符号也简单,工艺生产又容易实现。为获得对该问题的正确答案,必须了解和尊重飞行员的意见。

二、调查方法

采用问卷法向飞行员调查了解二个问题:一是评价三种攻角误差符显示方式的优劣,按等第顺序标出1、2、3,并说明优劣的原因。二是对三种判读精度(准确无误、略有误差和粗读)根据实际飞行要求选择其中一种。飞行员对这两个问题填写在调查问卷上。对调查结果用百分比的方法和百分比差异 χ^2 考验加以分析。

三、调查对象

调查对象是海军航空兵,包括歼击机、轰炸机、运输机驾驶员共31人。他们都具有一定的飞行经验,其中飞行小时在1000小时以上的有13名,500~1000小时的有17名,500小

时以下的有1名。

四、调查结果

1. 对三种符号优选情况是:有61%的驾驶员认为B种显示最佳,23%的驾驶员认为C种好,只有16%的人对A种持肯定意见。根据百分比差异 χ^2 考验,A—B和B—C间的差异达非常显著的水平,A—C间差异不显著。

2. 对判读精度的选择是:有58%的驾驶员认为应是准确无误,有32%的人认为可略有误差,还有10%的人认为可粗读。百分比差异之 χ^2 考验表明三种类型间都有显著性差异,而持准确无误和粗读的看法间存在非常显著的差异。

3. 驾驶员的评价

对三种符号选优的意见是:认为B种好的理由是符号给人对称、“稳重”的感觉,两机翼有衬托,对误差判读也很直观、准确、好记、好看。认为C种好的理由是符号简单、直观、容易判读。但认为A种好的人没有说明原因。

对符号判读精度的意见是:有人认为无论何时、何种情况都是越精确越好。还有人指出,准确无误当然是好的,但飞机高度高时,用处又不大。也有人同意可有小的误差,误差范围应在着陆的跑道内。对粗读的理由没有阐述。

结 论

一、根据实验和部队调查结果,证实了三种攻角误差符中B种是较好的显示方式。

二、实验和部队调查同样证实了A种是不理想的显示方式。尽管美国“MIL—D—81641”(AS)和“MIL—STD—884B”采用此种显示方式。但本实验及部队调查没能证实A种有何优越性。

三、B种显示方式同法国“幻影2000”使用的攻角误差符相同。我们的研究证实,这种攻角误差符是有优越性的,采用B种可提高判读的准确性及反应的速度。

四、由于本实验模拟了平视显示的动态情景,并对四种指标进行了分析、研究。因此,本实验结果可作为有关平显字符标准的依据。

参 考 文 献

- (1) Dennis E. Egan and James E. Goodson, Human Factors Engineering for Head-up Displays: a Review of Military Specifications and Recommendations for Research, AD A056944, april 1978.
- (2) 刘安彦,心理学,三民书局印行,1978年7月。

THREE SYMBOLS OF THE ANGLE-OF-ATTACK ERROR TRADE-OFF STUDIES

Cui Dai-ge

Institute of Psychology; Academia Sinica

Abstract

The experiment was carried out by using a computer system, a Head-up Display (HUD) system, and the analog control cabin of Fighter -5. The symbols of the angle-of-attack error and the picture of the background were all distinctly simulated with the situations of the Head-up Display in dynamic state. By means of measuring the signal-responding competence of the subjects, an optimal display pattern was selected among several options. On the basis of the experiment, a survey was carried out in several air force units with similar results.