

民航飞行员心理运动能力测评及应用研究

汪磊^a, 张朝阳^b, 洪瑞媛^a

(中国民航大学 a.安全科学与工程学院; b.空中交通与管理学院, 天津 300300)

摘要: 心理运动能力是飞行员掌握飞行技能基础能力的保障,本文提出一种基于多目标追踪任务的飞行员心理运动能力测评方法并对该方法进行了应用验证。首先,招募309名航校飞行学员及航空公司飞行员作为被试对象,从4个维度对其展开心理运动能力测量;其次,采用统计学方法对测量数据进行项目分析、内容效度检验和相关性分析。结果表明:虽然部分维度测量数据未服从正态分布,但4个维度测评项目区分度均大于0.40,证明该方法鉴别度良好;不同被试群体间的飞行员心理运动能力均存在显著差异($p < 0.05$),心理运动能力总分和各维度之间存在较强相关性,均表明该测评方法具备较好的内容效度。本研究进一步证实了该测评方法在飞行员心理运动能力测评中的可用性及可靠性。

关键词: 心理运动能力;民航飞行员;心理测评;多目标追踪范式;飞行技能

中图分类号: V323 文献标志码: A 文章编号: 1674-5590(2025)05-0031-06

Evaluation and application research of psychomotor ability of civil aviation pilots

WANG Lei^a, ZHANG Zhaoyang^b, HONG Ruiyuan^a

(a. College of Safety Science and Engineering; b. College of Air Traffic Management, CAUC, Tianjin 300300, China)

Abstract: Psychomotor ability is the basic ability guarantee for pilots to master flight skills. This study proposed a psychomotor ability assessment method based on multiple object tracking tasks for pilots and verified the application of the method. Firstly, 309 subjects including flight cadets from aviation schools and pilots from airlines were recruited as participants and conducted psychomotor ability evaluation from 4 dimensions. Subsequently, statistical methods were employed to conduct item analysis, content validity testing, and correlation analysis on the measurement data. The result showed that although there were some dimensions of measurement data not following normal distribution, the discriminability of all four dimensions of assessment items exceeded 0.40, indicating that the method exhibits good content validity. Significant differences in psychomotor abilities were found among pilots from different groups of subjects ($p < 0.05$). There was a strong correlation between the total score of psychomotor ability and each dimension, which demonstrating the excellent content validity of the evaluation method. This study further validated the feasibility and reliability of the evaluation method in pilot psychomotor ability evaluation.

Key words: psychomotor ability; civil aviation pilot; psychological evaluation; multiple object tracking paradigm; flying skill

人的因素是导致飞行事故的重要因素之一,而心理因素被认为是构成人的因素的主要部分^[1]。心理运动能力^[2]是指个体意识对躯体精细动作和动作协调的支配能力,是从感知到运动反应的过程及其相互协调活动的的能力,其作为飞行员的关键心理品质,与飞行技能和飞行绩效直接相关。因此,在飞行员选拔和培训中关注心理运动能力,有助于提升飞行员的心理品质和操作水平,从而保障飞行安全。

一名优秀的飞行员在执行飞行任务的过程中,不仅需要具备充足的理论知识,还需要良好的心理运动能力来应对复杂的飞行状况^[3-4]。目前,国外对心理运动能力的理论研究众多,Hoermann^[5]在研究中指出飞行员的心理运动能力和飞行技术水平紧密相关。对于测评方法的研究,国外也已经发展出成熟的心理品质测评流程并开发出专业的测评工具。相比之下,国内在飞行员心理选拔方面起步较晚,飞行员心理运动能力

测评方法尚未得到足够重视。惠铎铎等^[6]虽然根据不同的操作模式设计了一套测试程序,创建了适用于民航飞行员心理运动能力选拔的测试系统,但缺乏固定的实验范式用于心理测评,并且不能对不同飞行员的心理运动能力要素进行准确的评价。

Pylyshyn 等^[7]在对视觉追踪特性的研究中提出了多目标追踪(MOT, multiple object tracking)范式,该范式有利于分析个体的注意差异和认知发展,并且该范式的变式可应用于许多不同的场景。雷寰宇等^[8]选用该实验范式分析了飞行员的任务绩效与干扰物速度和数量的潜在联系。文献[9-10]以多目标追踪任务为实验范式,开发了一套民航飞行员心理运动能力测评系统,并进行了初步验证应用。

本研究旨在通过对被试对象开展实验测试,验证本文提出的飞行员心理运动能力测评方法在民航飞行员选拔和训练中的有效性和可靠性,为进一步完善测评方法、开发相应工具应用于民航飞行员心理胜任力选拔及训练提供依据和基础。

1 方法

1.1 实验被试对象

招募航校飞行学员和航空公司飞行员作为实验被试对象,其中包括某航校飞行学员 130 名(年龄均值 = 22.40 岁,年龄差值 = 0.81 岁),以及某航空公司初始飞行员 158 名(年龄均值 = 24.53 岁,年龄差值 = 1.46 岁),副驾驶 21 名(年龄均值 = 27.43 岁,年龄差值 = 3.31 岁),共计 309 名男性飞行员。

1.2 实验工具

实验使用的飞行员心理运动能力测评系统基于多目标追踪的固定范式^[9-10]设计,软件通过 Unity 3D、Visual Studio 2017 等工具完成开发。实验测试依托于 1 台电脑及 1 对飞行摇杆,如图 1 所示。



图 1 飞行员心理运动能力测评系统

Fig.1 The evaluation system of pilot psychomotor ability

1.3 实验程序

首先,对被试对象讲解各测试任务流程;其次,对所有能力项目进行练习;最后,待被试对象掌握所有测试内容后开始正式测试。具体测试方案如表 1 所示。

表 1 心理运动能力测试项目简介

Tab.1 Introduction of the psychomotor ability evaluation project

测量项目	任务类型	测试指标	测试时间/min
眼手协调能力	单任务	持续追踪时间	5
双手协调能力	双任务	任务完成时间 任务正确率	15
注意力分配能力	双任务	平均正确觉察率	10
速度判断能力	单任务	距离偏差	5

2 结果分析

采集被试对象的各项能力测试数据,通过 SPSS 25.0 进行统计与分析,对数据进行 Shapiro-Wilk 正态性检验,之后从项目难度和项目区分度 2 方面进行项目分析,并通过单因素方差分析和 Kruskal-Wallis 检验对内容效度进行分析。

2.1 正态性检验

本实验对飞行学员、初始飞行员和副驾驶 3 个被试群体进行了不同心理运动能力维度的测试,为确保数据的可信度,首先根据四分位法^[11]进行异常值的识别和剔除,之后对处理后的数据进行 Shapiro-Wilk 正态性检验。结果显示,飞行学员的眼手协调能力项目以及初始飞行员和副驾驶的速度判断能力项目不满足正态分布,其余各项目测量数据均满足正态分布,统计结果如表 2 所示,其中: M 表示均值; SD 表示标准差; p 表示拒绝原假设的概率。

表 2 正态性检验结果

Tab.2 Normality test results

测试项目	指标	被试人群	M	SD	p
眼手协调能力	持续追踪时间	飞行学员	15.28	7.83	0.000
		初始飞行员	28.19	10.21	0.064
		副驾驶	33.02	11.41	0.646
双手协调能力	任务完成时间	飞行学员	107.56	32.37	0.205
		初始飞行员	129.45	33.41	0.085
		副驾驶	112.98	30.50	0.080
	任务正确率	飞行学员	70.86	24.96	0.278
		初始飞行员	66.12	25.79	0.149
		副驾驶	76.00	28.25	0.166
注意力分配能力	平均正确觉察率	飞行学员	77.59	7.99	0.844
		初始飞行员	80.95	7.75	0.230
		副驾驶	85.44	7.14	0.130
速度判断能力	距离偏差	飞行学员	65.10	24.26	0.557
		初始飞行员	58.98	29.20	0.000
		副驾驶	56.56	30.01	0.000

2.2 项目分析

项目分析的主要目的在于检验测试项目是否可靠以及是否具有区分度,包括难度分析和区分度分析。

在项目设计中,为了分析测量项目的难易程度,需要对难度 P 进行分析, P 值越大表示该测量项目越容易,因此 P 值越接近 0.5 越好,一般取值在 0.2~0.8 范围内。对所得数据进行排序,按照得分将前 27%作为高分组,后 27%作为低分组。难度 P 计算公式为

$$P = \frac{X_H - X_L}{2R} \quad (1)$$

式中: X_H 表示高分组平均分; X_L 表示低分组平均分; R 表示项目总分。

区分度分析的目的在于检验测量项目是否可以有效区分实验被试对象的能力高低。区分度 D 值越高,说明区分的效果越好,区分度 D 值一般在 0.3 以上最好。 D 值计算公式表示为

$$D = \frac{X_H - X_L}{R} \quad (2)$$

区分度分析除计算 D 值外,还需通过临界比值法进行详细分析^[2],具体步骤为:采用独立样本 t 检验法求出项目决断值(CR, critical ratio)和 P 值,以检验高分组和低分组之间的差异,对于满足显著性水平 $\alpha = 0.05$ 的项目可以认为区分度较好。

另外需要注意的是,由于各能力测量数据的评估指标有着不同的量纲和数量级,为保证数据的可靠性,在对其进行项目分析前首先需要进行归一化,因此采用离差标准化将最终指标映射于区间[0, 1]。正向指标 Y^+ (指标值越大越好的“效益型”指标)和逆向指标 Y^- (指标值越小越好的“成本型”指标)计算方法不同,可分别表示为

$$Y^+ = \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (3)$$

$$Y^- = \frac{X_{\max} - X}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (4)$$

式中: X 表示各指标的原始数据; X_{\max} 表示原始数据中的极大值; X_{\min} 表示原始数据中的极小值。

根据以上分析方法,求出项目难度 P 、项目区分度 D 以及决断值 CR。结果显示,各项目能力参数分组的区分度最终落于 0.452~0.663 范围内,如表 3 所示。

2.3 内容效度

对归一化后的数据进行差异性检验以检测此测评方法的内容效度,其中,满足正态分布的数据采用单因素方差分析,不满足正态分布的数据采用 Mann-Whitney U 检验, $p < 0.05$ 则认为具有显著差异。

表 3 项目分析

Tab.3 Project analysis

测量项目	指标	CR	P	D
眼手协调能力	持续追踪时间	20.536**	0.572	0.559
双手协调能力	任务完成时间	27.261**	0.639	0.452
	任务正确率	8.978**	0.670	0.663
注意分配能力	平均正确觉察率	27.010**	0.566	0.505
速度判断能力	距离偏差	26.283**	0.551	0.522

注:* 表示显著差异, $p < 0.05$; ** 表示非常显著差异, $p < 0.005$ 。

2.3.1 眼手协调能力测评结果检验

根据四分位法分析的结果显示,眼手协调能力数据共有 6 组异常数据,经剔除处理后保留数据 303 组。采用单因素方差分析对有效数据进行差异性检验,图 2 为不同被试群体眼手协调能力的统计结果。

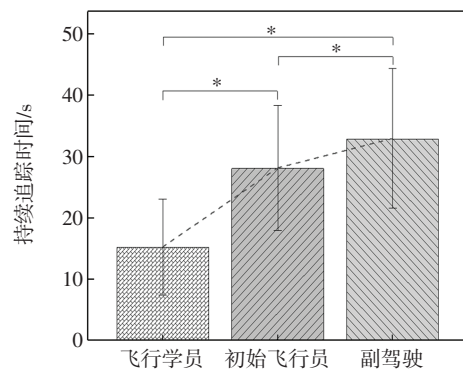


图 2 眼手协调能力统计结果

Fig.2 Statistical results of eye-hand coordination ability

结果显示,不同被试群体间的眼手协调能力存在非常显著差异($F = 65.208, p < 0.001$),其中, F 是检验显著性的指标,值越大表示显著性水平越高。事后检验结果表明,副驾驶、初始飞行员和飞行学员之间的眼手协调能力均存在显著差异($p < 0.05$)。

2.3.2 双手协调能力测评结果检验

根据四分位法分析的结果显示,共有 11 组异常数据,经剔除处理后保留数据 298 组。对双手协调能力数据进行单因素方差分析,图 3 为不同被试群体双手协调能力的统计结果。

结果显示,不同被试群体间的任务完成时间存在显著差异($F = 5.268, p < 0.05$)。事后检验结果表明,副驾驶与初始飞行员和飞行学员之间差异不显著($p > 0.05$),初始飞行员和飞行学员之间存在显著差异($p < 0.05$)。不同被试群体间的任务正确率存在显著差异($F = 6.823, p < 0.01$),不同被试群体间的双手协调能力间存在显著差异($F = 5.678, p < 0.05$);事后检验结果表明,初始飞行员和飞行学员之间差异不显著($p > 0.05$),副驾驶与初始飞行员和飞行学员之间存在非常

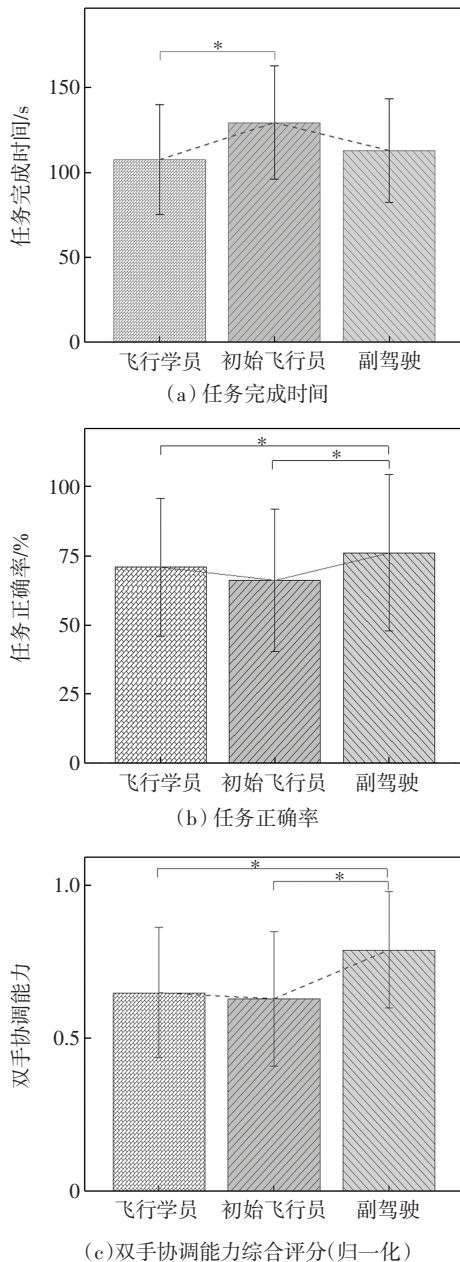


图 3 双手协调能力统计结果

Fig.3 Statistical results of two-hand coordination ability

显著差异($p < 0.005$)。

2.3.3 注意分配能力测评结果检验

根据四分位法分析的结果显示,共有 4 组异常数据,经剔除处理后保留数据 305 组。对注意分配能力数据进行单因素方差分析,图 4 为不同被试群体间的注意分配能力的统计结果。结果显示,不同被试群体间存在显著差异($F = 3.045, p < 0.05$)。事后检验结果表明,副驾驶、初始飞行员和飞行学员之间的注意分配能力均存在显著差异($p < 0.05$)。

2.3.4 速度判断能力测评结果检验

根据四分位法分析的结果显示,共有 2 组异常数

据,剔除后保留数据 307 组。采用 Kruskal-Wallis 检验对速度判断能力数据进行差异性分析,图 5 为不同被试群体速度判断能力的统计结果。结果显示,副驾驶员的速度判断能力数据分布范围较广,导致秩检验未检测到显著差异($p > 0.05$);而初始飞行员组数据集中且整体偏高,与飞行学员组差异显著($p < 0.05$)。

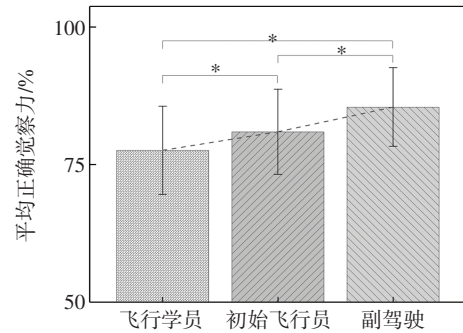


图 4 注意分配能力统计结果

Fig.4 Statistical results of attention distribution ability

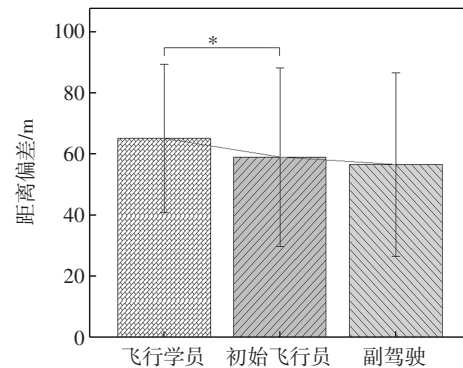


图 5 速度判断能力统计结果

Fig.5 Statistical results of speed judge ability

2.4 相关性分析

心理运动能力总分的计算采用了变异系数法(COV, coefficient of variation method),该方法是一种客观赋权法,根据各项指标的具体数值以及变异程度对各指标的权重进行计算。一般认为某指标变异程度越大越能对评价的对象进行有效区分,从而有着较大的权重,反之则权重较小。

在计算各心理运动能力项目的权重前需对各指标的数据采用归一化处理,将取值映射在[0, 1]之间,可参考式(3)和式(4)。

各维度能力指标评价对应的变异系数和权重的计算公式分别为

$$v_i = \frac{\sigma_i}{\bar{x}_i} \quad i = 1, 2, 3, 4 \quad (5)$$

$$\omega_i = \frac{v_i}{\sum_{i=1}^4 v_i} \quad (6)$$

式中: v_i 为第*i*个项目指标变异系数值; ω_i 为第*i*个项目指标权重; \bar{x}_i 为第*i*个项目指标评价值的平均值; σ_i 为第*i*个项目指标评价值的标准差。

最后,可以得出各维度能力评价指标的变异系数和权重,即

$$v = (0.478, 0.344, 0.367, 0.365) \quad (7)$$

$$\omega = (0.307, 0.222, 0.236, 0.235) \quad (8)$$

综上可得,心理运动能力总分 Y 计算公式为

$$Y = 0.307X_1 + 0.222X_2 + 0.236X_3 + 0.235X_4 \quad (9)$$

式中, X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 分别为4个能力维度的评价价值。

对心理运动能力测量总分和各维度能力评价价值进行皮尔逊相关性分析,结果表明:心理运动能力测量总分与各维度能力测量项目均存在显著性相关,如表4所示。

表 4 相关性分析
Tab.4 Correlation analysis

维度	眼手协调能力	双手协调能力	注意分配能力	速度判断能力
眼手协调能力	—	—	—	—
双手协调能力	0.123	—	—	—
注意分配能力	-0.001	0.033	—	—
速度判断能力	0.072	-0.039	0.006	—
心理运动能力总分	0.664**	0.516**	0.438**	0.461**

3 讨论

在飞行员选拔和培训过程中,为确保飞行安全,除了对飞行员的飞行技能进行培养和选拔外,合理科学的心理品质选拔也至关重要^[13]。本研究基于多目标追踪实验范式对不同职业阶段飞行员的心理运动能力进行测评,通过对测量数据展开项目分析、内容效度检验等分析及检验,探究了该心理运动能力测评方法在飞行员选拔和训练中的有效性。

本研究对所得飞行学员、初始飞行员和副驾驶的测量数据进行正态性检验,结果显示除了飞行学员的眼手协调能力项目以及初始飞行员和副驾驶中速度判断能力项目不满足正态分布外,其余各项目测量数据均服从正态分布,表明本研究选取的实验样本具有较强的代表性,可以达到实验目的。对所得数据进行项目分析,计算出各测量项目的区分度,结果显示区分度介于0.45~0.67之间。区分度体现的是测量项目是否可以将被试对象能力的高低有效区分开,据项目鉴别指数与评价标准^[12,14]显示, D 值为负值时表明不具有鉴别效果; D 值为正值时数值越大鉴别度越高,最好在0.3以上。综上,该系统中4个测试模块的鉴别

效果均良好,可以对不同心理运动能力水平的群体进行有效区分,符合心理测量学的标准。

通过对3个不同被试群体在4个测量项目上的成绩进行方差分析,得到如下结果。

(1)不同被试群体间的眼手协调能力差异显著($p < 0.05$),经事后检验,3个被试群体间均有显著差异并且副驾驶成绩最高,表明随着被试对象飞行经验的提高,飞行员可能会在飞行过程中形成更好的眼手协调能力,这与文献[15]的研究一致。

(2)不同被试群体间的双手协调能力存在显著差异($p < 0.05$),表明航校飞行学员相较于飞行员经验不足,面对复杂任务时的时间需求更高,这与文献[16]的研究一致;经事后检验发现,其中初始飞行员和飞行学员之间没有体现出明显差异($p > 0.05$)。原因可能是双手协调能力体现的是被试对象的一种综合能力,由于该项目涵盖持续而精确的追踪任务^[17],飞行学员虽然可能对飞行操作不够熟练,但由于其相对于飞行员更加年轻,大脑对刺激的处理速度更快,可以更快地捕捉目标信息,任务完成的时间和正确率均较好,最终成绩更优^[18-19]。

(3)不同被试群体间的注意分配能力差异显著($p < 0.05$),经事后检验发现,副驾驶的注意分配能力显著高于初始飞行员和飞行学员,并且初始飞行员也显著高于飞行学员的注意分配能力。这可能是由于飞行员相较于飞行学员更善于处理复杂信息,例如文献[20]研究中表明专家飞行员比新手飞行员有着更高效的眼动模式,文献[21]研究中也指出,飞行经验对于改善飞行员的注意分配行为有着积极作用。

(4)不同被试群体间的速度判断能力同样存在着显著差异($p < 0.05$),事后检验结果显示,副驾驶与初始飞行员和飞行学员之间无显著差异($p > 0.05$),原因可能在于该项目采用了双目标物判断速度,少数副驾驶过度关注其中一个目标物,导致对另一个目标的判断产生了较大偏差^[22]。同时,初始飞行员与飞行学员之间有显著差异,表明在运动知觉过程中飞行员的判断偏差更小,例如文献[23]在研究中设计了时间判断及到达任务,结果显示飞行员的飞行经验越高,时间判断结果也越准确。

因此,综合所有测量项目结果表明,本测评方法能够对不同职业阶段的飞行员进行有效准确的测试,展现他们之间的心理品质差异,也体现出很多飞行学员的心理运动能力等心理品质有待提升,充分说明了该系统的有效性。

飞行员心理运动能力测评系统基于多目标追踪范式构建4个测量模块,通过为各个项目赋予合适的权重,从而对心理运动能力进行综合评价,并对心理运动能力水平进行了准确、客观的测量评估。心理运动能力由于其特殊性和复杂性,和被试对象的感知以及运动反应紧密相关,每个能力维度都可能涵盖1个以上的心理品质。因此,若心理运动能力总分与各维度能力的结果之间显著相关,则可以体现出各维度之间在心理品质上存在交互相容的联系。根据皮尔逊相关分析的结果可知,各心理运动能力要素和总分之间相关性较强,表明各能力均有较高的区分度^[6,10],进一步说明该测评系统在各项目中展现出了良好的区分度以及内容效度。

4 结语

心理运动能力是飞行员掌握飞行技能基础能力的保障,本研究通过实验测试进一步证实了多目标追踪任务在飞行员心理运动能力测评中的实用性及可靠性。同时,本研究通过对不同飞行经验的测试对象展开的测试和数据分析发现,不同阶段飞行员群体的心理运动能力存在明显差异。这也从另一个角度证明了心理运动能力具有可变性和可提升性。下一步,在该研究的基础上,课题组可以进一步优化完善系统:一方面提升可应用性使其能切实应用在飞行员筛选中;另一方面,开发相应配套工具用于心理运动能力训练及提升,对不同心理品质飞行员制定针对性心理运动能力提升优化计划及方案。

参考文献:

- [1] SALAS E, MAURINO D E, CURTIS M. Human factors in aviation: an overview[M]//Human Factors in Aviation. 2nd ed. San Diego: Academic press, 2010: 3-19.
- [2] GRIFFIN M J. Discomfort from feeling vehicle vibration[J]. Vehicle System Dynamics, 2007, 45(7/8): 679-698.
- [3] 韩 杨. 民航飞行员基本认知能力测验及其平行测验的编制[D]. 西安: 第四军医大学, 2013.
- [4] GRIFFIN M J. Evaluation of vibration with respect to human response [C]//SAE international congress of exposition, February 22-28, 1986, Detroit, Michigan, USA. Warrendale, PA: SAE, 1986: 11-34.
- [5] HOERMANN H. The development of selection methods for civil aviation student pilots-part 1: a comparative study of aptitude test scores between China and Germany[J]. Psychological Science, 1999, 1: 26-29.
- [6] 惠铎铎, 李晓京, 文治洪, 等. 心理运动能力测评系统的开发应用[J]. 计算机技术与发展, 2014, 24(12): 180-182, 187.
- [7] PYLYSHYN Z W, STORM R W. Tracking multiple independent targets: evidence for a parallel tracking mechanism[J]. Spatial Vision, 1988, 3(3): 179-197.
- [8] 雷寰宇, 吕 创, 张学民. 飞行任务中分心物的速度与数量变化对手眼协调追踪绩效的影响[J]. 航天医学与医学工程, 2016, 29(5): 372-375.
- [9] 邵铿睿, 吴建军, 张朝阳, 等. 基于多目标追踪任务的飞行员心理运动能力测评方法[J]. 人类工效学, 2022, 28(4): 49-55.
- [10] 吴建军. 飞行员心理运动能力测量及其应用研究[D]. 天津: 中国民航大学, 2022.
- [11] 杨锡运, 刘玉奇, 李建林. 基于四分位法的含储能光伏电站可靠性置信区间计算方法[J]. 电工技术学报, 2017, 32(15): 136-144.
- [12] 郑日昌, 蔡永红, 周益群. 心理测量学[M]. 北京: 人民教育出版社, 2007.
- [13] ERJAVAC A J, IAMMARTINO R, FOSSACECA J M. Evaluation of preconditions affecting symptomatic human error in general aviation and air carrier aviation accidents[J]. Reliability Engineering & System Safety, 2018, 178: 156-163.
- [14] HORREY W J, ALEXANDER A L, WICKENS C D. Does workload modulate the effects of invehicle display location on concurrent driving and side task performance[C]//Driving Simulation Conference, North America 2003, October 8-10, 2003, Dearborn, Michigan, USA, 2003: 1-20.
- [15] PAYNE K H, HARRIS D. A psychometric approach to the development of a multidimensional scale to assess aircraft handling qualities[J]. The International Journal of Aviation Psychology, 2000, 10(4): 343-362.
- [16] GALY E, PAXION J, BERTHELON C. Measuring mental workload with the NASA-TLX needs to examine each dimension rather than relying on the global score: an example with driving[J]. Ergonomics, 2018, 61(4): 517-527.
- [17] SRINIVASAN D, MARTIN B J. Eye-hand coordination of symmetric bimanual reaching tasks: temporal aspects[J]. Experimental Brain Research, 2010, 203(2): 391-405.
- [18] 孙向红, 张 侃, 郭素梅. 双手反应方式对模拟飞行操作的影响[C]//第三届全国人一机一环境系统工程学术会议论文集, 安顺, 1997: 139-143.
- [19] LYLE K B, DOMBROSKI B A, FAUL L, et al. Bimanual coordination positively predicts episodic memory: a combined behavioral and MRI investigation[J]. Brain and Cognition, 2017, 118: 71-79.
- [20] 柳忠起, 袁修干, 樊瑜波, 等. 模拟飞机着陆飞行中专家和新手眼动行为的对比[J]. 航天医学与医学工程, 2009, 22(5): 358-361.
- [21] 汪 磊, 王 朔, 高 杉, 等. 面向特情的航线飞行员视觉注意分配研究[J]. 中国安全科学学报, 2023, 33(1): 214-220.
- [22] HUBBARD J M, GROTHEY A F, MCWILLIAMS R R, et al. Physician perspective on incorporation of oncology patient quality-of-life, fatigue, and pain assessment into clinical practice[J]. Journal of Oncology Practice, 2014, 10(4): 248-253.
- [23] 杨仕云. 飞行员动态空间表征建构的实验研究[D]. 西安: 陕西师范大学, 2009.

(责任编辑:刘雅婷)