注意力训练在飞行员初始培养中的必要性研究

伍伟 郝亮 李秀易

中国民用航空飞行学院，中国·四川 广汉 618307

摘要：为考察注意力训练在飞行学员早期培养阶段的价值，本研究从中国民用航空飞行学院选取了处于理论学习的 60 名学生，并将其分为人数相等的测试组与对照组。实验采用前测与后测对比的设计方案。在模拟飞行课程开始前，先对两组学员的眼动数据进行采集，经处理得到注意力分配指标；随后，在测试组的教学过程中增设专门的注意力训练环节，而对照组则按常规教学进行。课程结束后，再次采集两组学员的注意力数据。通过比较两组学生在前后两次测评中数据的变化及飞行评分，分析注意力训练对学员飞行技能提升的实际影响。结论表明，在飞行员初始培养中系统性地引入注意力训练，能够有效改善学员的认知资源分配策略，提升其飞行操作表现。因此，将注意力训练纳入飞行学员的常规培训，对于优化培养效果、保障飞行安全具有重要的实践意义。

关键词：注意力训练；眼动指标；眼动仪；飞行员初始培养

Research on the necessity of attention training in the initial training of pilots

Wu Wei, Hao Liang, Li Xiuyi

Civil Aviation Flight University of China, China Sichuan Guanghan 618307

Abstract: To investigate the value of attention training in the early training stage of flight cadets, this study selected 60 students in theoretical learning from the Civil Aviation Flight University of China and divided them into an equal number of test and control groups. The experiment adopted a design scheme comparing pre-tests and post-tests. Before the simulated flight course began, eye movement data of both groups of students were collected and processed to obtain attention allocation indicators. Subsequently, a special attention training session was added to the teaching process of the test group, while the control group followed the regular teaching. After the course ended, attention data of both groups of students were collected again. By comparing the changes in data and flight scores of the two groups of students in the two assessments, the actual impact of attention training on the improvement of cadets' flight skills was analyzed. The conclusion showed that systematically introducing attention training in the initial training of pilots can effectively improve cadets' cognitive resource allocation strategies and enhance their flight operation performance. Therefore, incorporating attention training into the regular training of flight cadets has important practical significance for optimizing training effectiveness and ensuring flight safety.

Keywords: Attention training; Eye movement metrics; Eye tracker; Initial pilot training

1 引言

1.1 背景

在民用航空行业中，飞行学员的选拔与培训是确保航行安全、提升专业人员能力的基础。驾驶飞机属于高度复杂的认知活动，不仅要求飞行员掌握系统的理论知识和熟练的操作技巧，更需要其在多变的环境中维持高度专注，并能迅速、准确地进行注意力分配与转移。多项事故分析显示，人为因素——特别是情境意识薄弱和注意力管理不佳是引发飞行操作失误的主要诱因。因此，在飞行员培养的初期阶段，有效提升其关键认知能力，尤其是实现注意力科学高效的运用，已成为航空教育心理学的重要研究方向。目前，在飞行学员的常规训练模式中，注意力常被看作一种固定特质，教学重心多放在传统理论讲解与操作技能训练上，而较少对注意力这一核心认知资源开展系统化、干预性的专项训练。现有教学模式对飞行能力提升的实际效果，以及注意力训练对技能发展的具体作用程度，仍有待严格的实验数据支撑。

注意力分配构成了飞行员认知功能的关键要素，其对信息加工效率与判断决策水平具有直接影响，因而在飞行训练与安全保障中占据重要地位。在飞行学习的初始阶段，学员需同时应对大量输入信息，包括各类仪表数据、周围环境变化以及无线电通讯内容。良好的注意力调控机制有

ISSN：2661-3697(Print)；2661-3700(Online)

助于他们迅速识别核心信息，从而更快地掌握飞行流程、航空器状态及空间方位概念。训练早期阶段，学员的认知资源大多集中于基础操作技能的掌握。随着训练的深入，尤其是在专项注意力练习的辅助下，部分常规操作逐渐转化为“自动化”处理模式，由此节省出的认知资源可被重新分配至更高层级的任务，例如飞行决策、机组成员协作以及突发状况应对。这一转化过程是飞行学员实现从新手到熟练飞行员跨越的关键环节。

1.2 研究现状

技术的演进使眼动追踪逐步发展成为该领域进行客观测量与量化分析的基准工具。诸多研究（如 K.-D. B ü ttner[1] 等）通过细致解构飞行员在进近与着陆等高要求飞行阶段的眼动特征（涵盖注视点、驻留时间及扫描轨迹），有效辨识了专家与新手在注意力分配策略上的显著分野：专家飞行员能够实施高度结构化且经济的视觉扫描，并灵活整合仪表信息与外部环境参照；新手飞行员则频繁表现出视觉固着。此类注意力模式与飞行绩效间的紧密实证关联已获广泛确认，扫描幅度不足与过长的视觉驻留被证实会显著削弱情境意识，并提升特情处置的失误率。因此，高效的注意力分配不仅被视作专家绩效的判别特征，更被提升为预测训练转化效率与操作安全风险的关键变量。在此实证基础上，国际研究前沿已迈向系统化的训练干预阶段，其举措超越了传统模拟机训练范畴，涵盖了旨在提升认知效能的专项训练程序以及基于实时眼动反馈的生物反馈训练。证据表明，这些干预手段能够引导学员建构更优的视觉扫描模式，从而强化其复杂任务执行能力。

国内初期研究多集中于利用眼动仪等设备，验证国外已建立的飞行员注意力分配理论在中国学员群体中的适用性。如李响、宋祥波[2] 等通过对比不同阶段学员在模拟飞行任务中的眼动数据，同样发现了新手普遍存在的扫描范围窄、模式不稳定、仪表间转换不灵活等问题。Kasarskis[3] 等于 2001 年通过对比专家飞行员与新手学员在模拟飞行任务中的眼动数据，清晰地揭示了二者在视觉注意力分配上的系统性差异。尽管国内学界普遍认识到注意力训练的重要性，但系统性的、实证性的训练干预研究仍相对匮乏。

本研究通过比较两组学员在注意力指标上的前后变化，以及这些变化与飞行成绩之间的关联，旨在量化分析增设注意力训练对学员能力发展的实际促进作用。研究成果有望为优化飞行员早期培训内容提供数据支持，并为将认知训练纳入职业飞行员培养体系探索可行路径。

2 实验设计

2.1 实验人员

被试者是来自中国民航飞行学院飞行技术专业本科在读飞行学员共计 60 名，具有航空知识背景，均为男性，没有影响眼动数据采集效果的生理缺陷，所有参与学员均已熟练掌握 MFS2020 平台的基本操作，具备航空仪表相关基础知识，能够独立完成包括起落航线飞行、私照科目训练以及标准程序操作在内的飞行任务。

2.2 设备介绍

本实验旨在精确评估实验效果，实验设备包括一套基于微软模拟飞行 2020 的桌面式飞行模拟训练器、Tobii Glasses 3 眼动仪和配套的模拟飞行评分软件。训练器采用一台 19 英寸的联想液晶显示器，被试通过操纵杆完成交互任务。眼动数据采集使用 Tobii Glasses 3 眼动仪，镜片内置 16 个红外光源与 4 个眼动传感器，支持位置灵活调节，确保被试视野无遮挡。该眼动仪是目前国内科研与技术领域中较为先进的技术设备之一。通过 Glasses 3 Controller 应用程序，可在安卓或 Windows 平板电脑上实时无线查看眼动数据，并导出至 Tobii Pro Lab 软件进行后续分析。

2.3 实验流程

本次模拟飞行实验在预设条件下进行：空域条件良好，天气晴朗，飞行计划已预先设定。实验任务要求每位参与者在飞行模拟器中，依据目视飞行规则，完成北京机场 19 号跑道的标准起落航线飞行。实验流程统一如图 1 所示。

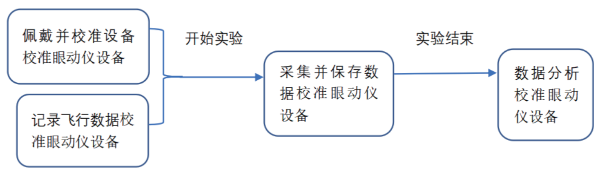

图1 流程介绍

飞行效果评分严格参照《中国航空运动协会模拟飞行竞赛规则》执行，采用百分制评价体系，由专业评分软件自动采集并生成最终成绩，该成绩直接反映飞行操作质量。实验设定单次最长飞行时间为 12 分钟，超时者成绩无效。如飞行过程中系统判定飞机出现结构损坏或处于不可操控状态，该次成绩计为 0 分。此外，飞机在进入跑道入口时的高度必须高于跑道标高 50 英尺，未达此标准将按规则扣减相应分数。

3 数据分析

3.1 课前数据检验

独立样本 t 检验通过比较两个独立组别的均值差异，

 ISSN：2661-3697(Print)；2661-3700(Online)

判断这种差异是否具有统计学意义，其意义在于帮助研究者从样本数据推断总体之间是否存在真实的差异，为科学决策提供统计依据。针对测试组与对照组的总体注意力分配差异，研究选取“总注视时间”作为关键指标，在课前实施独立样本 t 检验，所得结果呈现在表 1 中。

表1 总注视时间t检验

t	自由度	P值	95%置信区间	对照组均值	测试组均值
−0.87403	62	0.3855	[−21.70, 8.50]	108.65	115.26

检验结果显示，两个组的平均总注视时间分别为 108.65 秒和 115.26 秒，差异未达到统计显著性（$t(62) = -0.87, p = 0.386 > 0.05$），95% 置信区间为[−21.70, 8.50]。

由表 2 可知两组课前总体注意力分配水平上无显著差异，即两组学员在任务执行过程中总体的视觉资源投入大致相当，任务熟悉程度和训练经验或个体视觉搜索策略也比较接近。

3.2 课后数据分析

双因素方差分析的作用是同时探究两个自变量对一个连续型因变量的独立影响（主效应）以及它们之间的交互效应（即一个因素的作用是否依赖于另一个因素的水平），从而判断这些效应是否具有统计学意义。其基本思想是将数据的总离差平方和（SST）分解为四个部分，其基本公式结构为：

$$SST = SSA + SSB + SSAB + SSE$$

其中：

SST：总变异，反映所有数据围绕总均值的波动。

SSA：由因素 A 不同水平造成的变异。

SSB：由因素 B 不同水平造成的变异。

SSAB：由因素 A 与 B 的交互作用造成的变异。

SSE：随机误差（残差）导致的变异。

通过计算各部分的均方（MS = SS/ 自由度）并与误差均方（MSE）进行比较，得到 F 统计量（如 $F\_A = MSA / MSE$），从而判断各主效应和交互效应是否显著。

为分析班级与仪表对注视时长的交互影响，对课后数据实施了双因素方差分析。结果如表 2 所示。

表2 双因素方差分析

	自由度	平方和	均方	F统计量	P值
班级	1	310	310	1.318	0.2517
仪表	6	129126	21521	91.531	p < 0.001
组别:仪表	6	3593	599	2.547	0.0196
误差	434	102043	235	—	—

由表 2 数据可知，仪表因素的主效应达到显著水平（$F(6, 434)=91.531$，$p<0.001$），说明课后两组学员对不同仪表的注视时长存在明显差异。这一结果反映出学员在飞行过程中对各仪表的注意力分配并不均衡，而是表现出一定的选择性倾向。此外，组别与仪表的交互效应也达到显著水平（$F(6, 434)=2.547$，$p=0.019$）。这表明不同组别学员在各仪表上的注视模式存在差异。这一发现提示，两个组学员所接受的训练方式或形成的认知策略可能对其注意力分配结构产生了特定影响。

将被试注意力分配数据与标准数据进行相关性计算，然后将相关性值与最后成绩进行相减得到差异化结果，得出结果如图 2 所示。

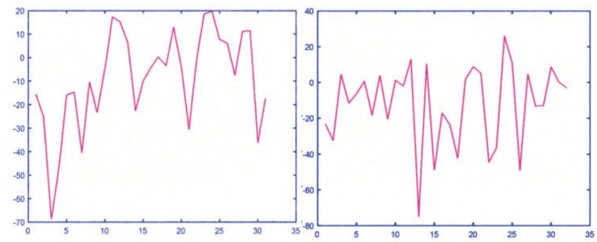

图2 差异化结果

通过图 2 可以看出，对照组的差异化波动范围为[−70,20]，主要波动范围在 ±30 之间，说明该组进步空间较大；测试组的差异化波动范围为[−60,30]，波动程度比对照组小，且主要波动范围在 ±20 之间，说明进行针对性的课程训练后测试组学员的整体水平比较靠近标准值。

4 结语

本研究结果显示，在课前，两组的注意力水平无显著差异。经过一段时间的训练后，对比分析发现，接受了专项注意力训练的测试组，其注意力分配模式与未经该训练的对照组出现了显著差异。测试组学员的视觉扫描模式更优，注意力分配更接近标准，且数据波动范围更小，表现出更高的稳定性和熟练度。本研究建议如下：

（1）注意力训练能有效改善飞行学员的视觉扫描模式，提升注意力分配的合理性与稳定性。

（2）测试组在飞行成绩和注意力指标上均优于对照组，说明专项注意力训练对飞行技能提升具有积极影响。

（3）建议在飞行员初始培养中系统引入注意力训练，以优化培训体系，提升飞行安全与操作水平。

参考文献：

[1] BUETTNER K-D, FEIGH K M, LOHR G, et al. Using eye tracking to investigate visual perception and attention allocation in the approach and landing phase[J].Cognition, Technology & Work, 2023, 25(4): 501-517.

[2] 李响，宋祥波，王磊等. 基于眼动指标的飞行学员

视觉扫描特征研究[J].人类工效学，2022,28(3):1-8.

[3] KASARSKIS P, STEWART J C, 陈浩等 . 不同经验水平飞行员的眼动行为比较[J]. 国际航空心理学杂志，2001,11(3):289-301.

基金项目：国家自然科学基金民航联合基金重点项目（编号：U2133209）。