

doi: 10.7690/bgzd.2015.11.021

# 一种基于模拟器的飞行员海上飞行心理训练系统

谷树山, 张 原, 张玉梅, 郭建光

(海军航空兵学院飞行模拟训练系, 辽宁 葫芦岛 125001)

**摘要:** 为提高飞行员在海天环境下的心理生理耐受性和适应能力, 设计一种基于模拟器的飞行员海上飞行心理训练系统。该系统采用基于通用接口的可换机型抖振座舱, 满足了不同机型飞行员的训练需求, 将生理心理检测系统引入飞行模拟训练过程中, 通过模拟各种海天环境的视觉变化、舰船和飞机的噪声、船体摇摆, 分析影响飞行员飞行生理心理变化的指标, 进而针对性地进行心理训练和干预。分析结果表明: 该系统为针对性的心理干预和预防措施提供理论依据, 对确定科学的飞行员心理选拔标准, 提高飞行员的心理素质和综合能力, 提升战斗力具有重要的意义。

**关键词:** 飞行员心理; 海上飞行; 生理心理指标检测; 卡特尔测试; 飞行模拟器

**中图分类号:** TJ106 **文献标志码:** A

## A Simulator-based Maritime Flight Pilots Mental Training System

Gu Shushan, Zhang Yuan, Zhang Yumei, Guo Jianguang

(Department of Flight Simulation &amp; Training, Navy Air Force Academy, Huludao 125001, China)

**Abstract:** To improve pilot psychophysiological tolerance and adaptability in maritime flight environment, the paper designs a simulator-based maritime flight pilots mental training system. It bases on the simulator which can change 4 kind of cockpit, which meets the training needs of different pilot. The system has physiological and psychological monitoring system. According to simulating the visual, noise and movement factors which affect pilots' flying psychological changes, the system analyze physiological and psychological changes, and makes psychological training and intervention. Analysis showed that: the system collects and analyzes physiological and psychological parameters, which provide a theoretical basis for the targeted psychological intervention and prevention efforts. The system has important significance for determining the scientific psychological selection criteria for pilots, improving mental health, enhancing combat effectiveness.

**Keywords:** pilots' psychological; maritime flight; physiological and psychological monitoring; Carter test; simulator

### 0 引言

飞行员海上飞行的工作环境要比陆地艰苦, 飞行安全风险也更高, 这就要求飞行员不但具有出色的飞行技术, 更要具有优秀的心理品质<sup>[1]</sup>。当飞行员在系统中飞行一定时间后, 就可能会受虚拟环境的影响而引发飞行错觉、心理冲突、情绪不稳定等威胁飞行安全的心理反应<sup>[2-4]</sup>。面对暴露出的心理生理应激反应, 在执行海上飞行任务前和平时飞行训练过程中, 有计划地利用飞行员海上飞行心理训练系统进行海上飞行条件下的模拟心理训练, 既可以降低实际飞行的物资损耗, 又可以使飞行员提前感受和适应海上飞行环境和飞行特点, 找出克服和适应飞行错觉的方法, 不断提高心理生理耐受性和适应能力<sup>[5-7]</sup>。

目前, 国内针对海天一色、海面空旷等海上环境特点开展的飞行心理训练大多处于探索阶段<sup>[8-10]</sup>; 因此, 笔者在我院现有技术条件和硬件条件下, 大

胆尝试利用生理心理监控设备检测飞行员模拟飞行时的生理心理状态, 研制基于模拟器的飞行员海上飞行心理训练系统。

### 1 系统组成

飞行员海上飞行心理训练系统是由计算机组成的大型实时动态仿真系统, 主要基于可更换不同机型座舱的飞行模拟器进行训练, 配合生理心理指标测量系统组成。

笔者将现有的几型飞机飞行模拟器的硬件接口进行重构, 采用通用接口的设计理念, 将我院现有的飞行模拟器电气接口和网络接口进行了统一, 可实现四型飞机 1:1 仿真座舱快速更换, 从而同时满足不同培养训练阶段、不同机型飞行员海上心理训练需求。

飞行员心理生理指标监测系统由飞行员心品训练数据库系统、生理心理参数记录与查询系统组成, 主要是使用空军某研究所研制的“飞行员心品训练

收稿日期: 2015-06-28; 修回日期: 2015-08-09

作者简介: 谷树山(1972—), 男, 辽宁人, 硕士, 工程师, 从事模拟器仿真研究。

数据库模块”和“飞行员生理指标记录分析模块”。基本组成如图 1 所示。

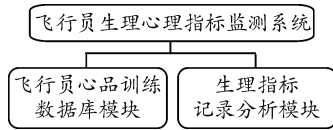


图 1 飞行员心理生理指标监测基本组成

在心理训练评估手段上，笔者突破了以往仅仅凭借心理医生观察、访谈和问卷调查来进行评估的

传统方法<sup>[11]</sup>，运用飞行员飞行生理参数记录仪进行训练前后生理参数的对比分析，评估结果更加客观真实<sup>[12]</sup>。同时，运用卡特人格测试(16PF)<sup>[13]</sup>对参加训练的飞行员与停飞飞行员进行个性特征对比研究，提出心理评价指标数据，为以后飞行员心理选拔和心理训练的开展提供依据<sup>[14-17]</sup>。

飞行员海上飞行心理训练系统结构框图如图 2 所示。

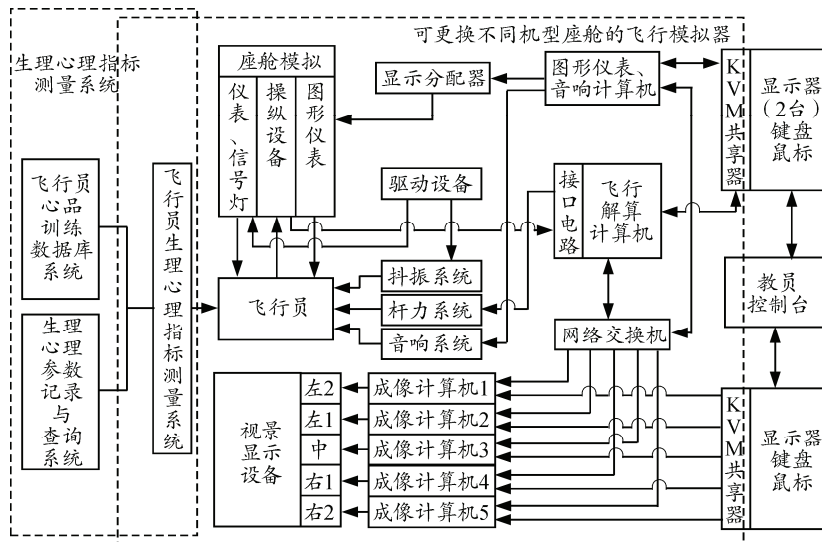


图 2 飞行员海上飞行心理训练系统结构框图

## 2 分系统设计

飞行员飞行心理训练系统是在我院现有的飞机飞行模拟器基础上进行研制，主要涉及生理心理指标测量分系统和飞行模拟器分系统。

生理心理指标测量分系统包括生理参数仪器组成的记录分析模块和心品训练以及调查记录结果组成的数据库模块。2 个模块共同对飞行员的生理心理指标进行科学评估。

飞行模拟器分系统有如下 5 个模块：1) 仿真座舱模块；2) 基于海上飞行环境的视景模块；3) 音响模拟模块；4) 飞行模拟解算模块；5) 教员控制台模块等。

其中，心理训练测试评估分系统、仿真座舱分系统和基于海上飞行环境的视景分系统作为系统的核心，对其进行了重点研制。

### 2.1 生理心理指标测量分系统

在该分系统中，飞行员心品训练数据库模块主要对飞行员心品训练数据进行记录和查询；飞行员生理指标数记录分析模块对飞行员生理参数进行记

录与研究。

#### 1) 生理指标监测。

采用穿戴式一体化生理参数检测结构，如图 3 所示。全部电极、传感器、电子元器件集成在可穿戴的胸带中，没有外部连线。使用时佩带在胸部，与皮肤接触，实现多生理参数(心电图、呼吸波、体表温度)与过载值(体动、体位)同步检测记录。



图 3 飞行员生理参数记录仪

采用的设备为空军某研究所研制的飞行员飞行状态生理参数检测记录系统，如图 4 所示。飞行员心理学特征采用生理参数分析法，生理参数记录的数据为模拟飞行环境中人体的心电、心率、呼吸波、体表温度等。

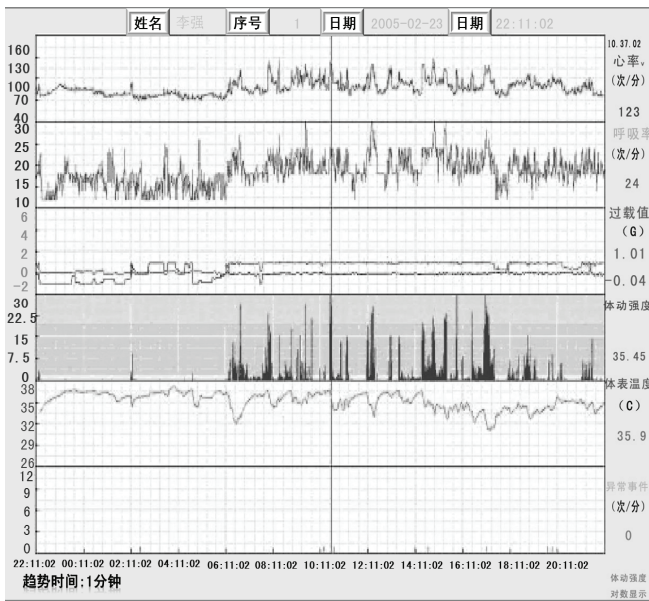


图 4 飞行员生理参数记录检测系统

2) 心理指标监测。

飞行人员个性基本特征研究采用卡特尔 16 种个性因素测试软件测验, 16PF 共 187 个项目, 反映 16 种人格因素和 8 种次级人格因素, 该量表具有良好信度和效度。

187 个项目测试得出的因素原始总分可以通过上表换算成相应的标准分, 标准分越高, 其创造力越强, 如表 1 所示。

表 1 卡特尔人格测试总分换算为标准分

因素总分	相当标准分	因素总分	相当标准分
15~62	1	83~87	6
63~67	2	88~92	7
68~72	3	93~97	8
73~77	4	98~102	9
78~82	5	103~150	10

依据表 2 可以画出测试学员的人格因素轮廓图。调查数据采用 SPSS13.0 软件进行处理。

表 2 卡特尔 16PF 人格因素测试轮廓型

因素	名称	低分者特征	标准分	高分者特征
A	乐群性	缄默、孤独、冷淡	1~10	外向、热情、乐群
B	聪慧性	思维迟钝、知识面窄	1~10	聪慧、有才识、善抽象思维
C	稳定性	情绪激动、容易烦恼	1~10	情绪稳定成熟、能面对现实
E	恃强行	顺从谦逊	1~10	好强固执独立积极
F	兴奋性	严肃审慎冷静寡言	1~10	轻松兴奋、随遇而安
G	有恒性	权宜敷衍	1~10	有恒负责、做事尽责
H	敢为性	畏怯退缩、缺乏自信	1~10	冒险敢为, 少有顾虑
I	敏感性	理智、着重现实	1~10	敏感、感情用事
L	怀疑性	信赖随和、容易相处	1~10	怀疑、刚愎、固执己见
M	幻想性	现实、合乎成规	1~10	幻想、狂放不羁、任性
N	世故性	坦白、直率、天真	1~10	精明能干、世故
Q	忧虑性	安详、沉着、自信	1~10	忧虑抑郁, 烦恼多端
Q1	试验性	保守、服从传统	1~10	自由、批评激进, 不拘泥现实
Q2	独立性	依赖, 随群附众	1~10	自立自强, 当机立断
Q3	自律性	矛盾冲突, 不顾大体	1~10	知己知彼、自律谨严
Q4	紧张性	心平气和、闲散宁静	1~10	紧张困扰、激动挣扎

2.2 飞行模拟器分系统

1) 仿真座舱模块。

由于需要培养不同机型的飞行员, 如何使 1 台模拟器供多机型飞行员共同使用, 是座舱设计面临的一个问题。通过研究现有的 4 个机型模拟器座舱设备的内在数据关系, 笔者发现: 虽然座舱设备控制量数量和功能有差别, 但可以抽象为若干功能意义相似的组, 故据此尽量抽象 ARM 通信驱动程序接口设计<sup>[18]</sup>, 将不同机型互有差别控制量映射到同一组接口上, 设计了一种独特的在四型模拟器之间的通用电气接口规范和驱动机制。该驱动根据电器接口发送的识别码, 自适应地将采集数据动态映射到主控程序的数据结构。更换座舱时, 只需将当前座舱底部数股接口线转接到另一型座舱对应位置, 并在主控台上相应设置即可, 更换时间不超过 10 min, 有效地提高了训练效率。此外, 仿真座

舱由舱体、主仪表板、左/右操纵台、操纵机构、座舱现场总线及配电设备等组成, 不同型号飞机的座舱具体设备不同。根据机型的特点, 座舱内仪表采用部分仿实装件结合虚拟仪表的方式实现。各组成部分采用机械配合支架设计, 使各部分通过标准机械连接装置组合成整体虚实结合的仿真座舱。

飞行过程中的飞机抖(振)动会刺激飞行员产生不适反应。为模拟发动机状态变化引起的抖振和失速等特情时引起的振动, 在预算范围内, 项目组改进并研发了一种基于偏心质量块的抖振装置。

振动装置由低噪交流电机、抖振质量块、交流变频器和电源控制板组成。设计时, 通过加工适合的抖振质量块, 形成电机偏心振动, 通过变频控制器控制实现不同状态下的发动机振动, 其控制原理如图 5 所示。

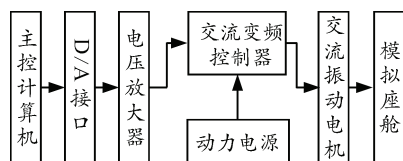


图 5 座舱振动原理框图

针对技术指标要求，控制驱动系统主要采用 H 桥驱动芯片驱动电机正反方向的转动。PWM 控制算法是电机调速的主要控制方案，但是在振动系统中主要是控制振动的幅度和振动的频率，所以在振动系统中 PWM 控制方案就失去了作用<sup>[19]</sup>。在模拟器分系统研制过程中，通过改善 PWM 的控制方案，形成了一套适合抖振系统的控制方案，驱动控制原理如图 6 所示。

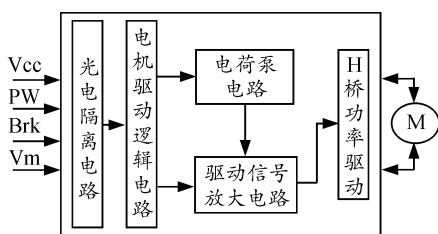


图 6 直流电机驱动控制电路框图

在 PWM 控制方案中，笔者大胆改变了原始 PWM 只用于调速的传统做法，尝试将频率可调 PWM 用于振动系统中。把 PWM 的可调频率用于振动系统的振动频率；把 PWM 中的脉宽调制用做振动系统中的振幅的调节。实验结果表明：振幅可达 0~15 mm，频率可以达到 25 Hz，说明这种控制方案完全适合振动系统。

## 2) 基于海上飞行环境的视景模块。

为营造贴近真实的海洋环境，促使飞行员在尽量短的时间内发生眩晕、恶心等生理反应和视性错觉等问题，基于海上飞行环境的视景系统主要针对舰船平台和海洋环境进行虚拟仿真，提供了必要的仿真海洋表面效果以及与之动态交互的船体效果，辅以快速变化的天气、能见度和时间变化效果，充分满足交互式实时 3D 仿真与训练中对综合动态海洋表面的真实性和准确性要求。

视景系统要求采用直径 6.6 m、高 2.8 m、水平视角 330°、垂直视角 45°的环形投影幕，5 台投影机将显示内容投影在该投影区域上，产生一个高分辨率、视场连续、无缝、亮度与颜色一致的图像。

项目组需基于现有视景平台二次开发投影系统软融合驱动程序，关键技术主要有 2 方面：① 非线性几何校正：通过拖动网格线上的控制点，将变

形屏幕的投影像素映射到不变形的显示区域内；记录下映射变换矩阵，存储到外部文件中，视景显示过程中，动态调用驱动程序，映射变换矩阵将变形的图像“拉”回不变形的状态。② 多通道边缘融合和颜色一致性校准：在设置好的任意宽度的融合区域内，利用蒙版矩阵和调色矩阵，对相邻像个视景通道的边缘像素进行变化，改变其亮度、灰度、Gamma 以及 RGB 颜色等参数，实现对边缘亮度和颜色的过渡控制，让所有通道融合成一个亮度、色彩、鲜艳度、均匀度都比较一致的连续图像。

## 3) 音响模拟模块。

音响模拟模块能模拟机舱内听到的主要环境音响，包括飞机和舰船发动机音响、起落架收放、飞机着陆时的撞击声、各种告警声和空中飞行声音等，持续的噪声容易诱发飞行员的错觉和眩晕感。

## 4) 飞行模拟解算模块。

海上飞行由于舰的位置和姿态角随时都在改变，飞机在舰上运动时，尤其是起飞着陆时，方程解算更为复杂。该系统可根据飞机相对于舰位置与姿态角，以舰体坐标系下解得的位置与姿态角，求得舰体对飞机力作用，从而较好地模拟了飞机在复杂海情下的运动状态。

## 5) 教员控制台模块。

教员控制台模块由 4 部分组成：视景监视、仪表监视、智能评分、飞行轨迹监视和管理设置系统。功能主要有：训练者登记、本机配置/环境条件/任务设定、飞机状态/座舱仪表/态势/飞行过程显示、记录及重放等功能。

## 3 结论

飞行员飞行心理训练系统针对影响飞行员海上飞行心理变化的视觉、噪音和动感等因素，通过视景、环境噪声和舰船运动的建模，解决了距离、相对运动、倾斜等视性错觉，噪声干扰情绪稳定性和舰船运动影响飞行员前庭功能等现象难以模拟的技术难题。笔者设计了通用电气和数据接口，实现了多机型仿真座舱更换，满足了不同机型飞行员的飞行心理训练需求。该系统配合生理心理监控仪器和手段，在飞行员飞行的同时，采集相关生理心理参数进行分析，为针对性的心理干预和预防措施提供了理论依据，对确定科学的飞行员心理选拔标准，提高飞行员的心理素质和综合能力，提升战斗力具有重要意义。