

Research on the Construction of Pilot Physical Training System under the Guidance of Civil Aviation Safety Culture in the New Era

Mingcan Liu Chao Liu

Department of Physical Education, Civil Aviation University of China, Tianjin, 300300, China

Abstract

Objective: To construct a pilot physical training system that conforms to the new era of civil aviation safety culture, provide a basis for the physical training of civil aviation pilots, assist in the promotion of civil aviation safety culture and the improvement of pilot physical fitness, and enrich the theory of pilot physical training and the full integration of civil aviation safety. **Method:** Literature review, survey, mathematical statistics and other methods were used to explore the physical fitness training of pilots. Exploring the collaborative logic between civil aviation safety culture and pilot physical training from a theoretical coupling perspective; From a practical perspective, we aim to build a multidimensional physical fitness training system consisting of a “cultural leadership layer (three in one value system), a training implementation layer (general physical fitness+specialized physical fitness+periodic training), and a scientific architecture layer (precise evaluation layered intervention intelligent monitoring)”. **Result:** Physical training has an impact on pilots’ occupational health, flight operation accuracy, complex scene control ability, and safety management system. Cultural guidance and physical training have a synergistic logic. The physical training system includes general physical training (strength, endurance, flexibility, balance), specialized physical training (core stability, fine muscle control, cardiorespiratory endurance training, anti fatigue and rhythm adaptation training), training cycles adapted to flight rhythms, and safety ensured through multidimensional evaluation, layered intervention, and real-time monitoring, achieving a deep coupling between physical training and civil aviation safety culture. **Conclusion:** The constructed pilot physical training system is a multidimensional comprehensive training system that integrates civil aviation safety culture. It can provide training references for pilots, effectively prevent occupational injuries, strengthen operational support, adapt to special environments and different job requirements, and enhance the physiological basis for pilots to practice “safety first”.

Keywords

new era; civil aviation safety culture; pilot; physical fitness training system

新时代民航安全文化引领下飞行员体能训练体系构建研究

刘明灿 刘超

中国民航大学体育工作部, 中国·天津 300300

摘要

目的: 构建符合新时代民航安全文化的飞行员体能训练体系, 为民航飞行员体能训练提供依据, 助力民航安全文化的推广及飞行员体能素质提升, 同时丰富飞行员体能训练和民航安全文化融合的理论。**方法:** 采用文献资料法、调查法、数理统计等方法对飞行员体能训练进行探究。从理论耦合层面, 探讨民航安全文化与飞行员体能训练的协同逻辑; 从实践层面, 打造“文化引领层(三位一体价值体系)、训练实施层(一般体能+专项体能+周期训练)、科学架构层(精准评估-分层干预-智能监测)”的多维体能训练体系。**结果:** 体能训练对飞行员职业健康、飞行操作精准性、复杂场景操控能力、安全管理体系均有影响, 文化引领与体能训练具有协同逻辑。体能训练体系包括一般体能训练(力量、耐力、柔韧性、平衡), 专项体能(核心稳定性、精细肌肉控制、心肺耐力训练、抗疲劳与节律适应训练), 训练周期适配航班节奏且通过多维度评估、分层干预及实时监测保障安全性, 实现体能训练与民航安全文化的深度耦合。**结论:** 构建的飞行员体能训练体系是融入民航安全文化的多维度综合训练体系, 既能为飞行员提供训练参考, 同时可以有效预防职业损伤、强化操作支撑、适配特殊环境及差异岗位需求, 提升飞行员践行“安全第一”的生理基础。

关键词

新时代; 民航安全文化; 飞行员; 体能训练体系

【基金项目】中国民航大学教学改革研究课题“民航体育课程思政示范课程”(项目编号: CAUC-2025-B1-14)。

【作者简介】刘明灿(1988-), 男, 中国河北定州人, 硕士, 讲师, 从事体育教学训练研究。

1 引言

近年来随着我国民航业的高速发展, 我国民航业的规模不断扩大, 民航局统计显示, 2024 年全行业完成旅客运

输量 7.3 亿人次,同比增长 17.9%,较 2019 年增长 10.6%,创历史新高;货邮运输量 898.16 万吨,同比增长 22.1%,航空运输的便利性和高效性使其成为现代交通体系中关键的一环。在规模不断扩大的背景下,民航的安全问题成为我国民航业持续高质量发展的关键。习近平总书记曾在会见四川航空“中国民航英雄机组”全体成员时明确提出“安全是民航业的生命线”,这一论断深刻地阐释了民航安全的极端重要性。保障民航的持续安全,不仅是确保民航运输持续高质量服务于中国现代化发展的关键一环,而且是对民航安全管理的基础要求。

在此背景下,新时代民航安全文化成为保障民航安全的灵魂和根基。2023 年 4 月,国家民航局发布《关于加强新时代民航安全文化建设的意见》(以下简称《意见》),指出民航文化建设是保障民航安全,推进民航安全治理和安全管理体系实施的重要保障。《意见》提出将“生命至上、安全第一”的理念融入民航安全生产的方方面面,从制度规范、行为习惯、价值认同等方面着手,构建全方位的民航安全生态体系^[1]。在民航安全的体系中,飞行员作为飞机飞行的实际操纵者、飞行安全的核心执行者,飞行员的能力和稳定性对民航安全起着决定性的作用,起着民航安全“第一执行者”和“最后一道防线”的双重作用^[2]。近些年我国民航业持续发展,航班频次增加、飞行范围扩大、复杂空域和气象条件出现得愈加频繁,多方面因素对飞行员的素质,特别是体能素质提出了更高的要求。飞行员有必要就其体能素质开展系统性训练,通过训练提升身体素质,提高自身的耐力、抗压能力、免疫力,更好地适应新时代航空任务队飞行的高标准要求^[3]。基于此,本研究对民航飞行员体能训练体系构建展开研究,并明确新时代民航安全文化的指引,构建符合“安全文化”价值观的体能训练体系,为民航飞行员开展体能训练提供理论与实践依据。

2 新时代民航安全文化与飞行员体能训练的理论耦合

2.1 新时代民航安全文化的核心内涵

新时代民航安全文化是基于民航安全为核心要点的价值观念、行为准则、思想认知的体系,《意见》提出新时代民航安全文化可以凝结为“生命至上、安全第一、遵章履责、崇严求实”四个核心要点,这四个要点涵盖飞行员民航安全的多维度文化导向^[4]。“生命至上”是新时代民航安全的出发点和落脚点,“安全第一”是民航飞行价值观和认识论的体现,是民航业的生命线和发展的基础,“安全是民航永恒的主题思想和理念”,将安全作为民航飞行员行为的底线和处事要求,凸显了民航安全工作的根本宗旨和基本定位;“遵章履责”是民航保障安全的重要手段。民航业是一个高度规范化和标准化的行业,对于飞行员而言更是如此。“崇严求实”是民航业的工作作风和精神品质,“飞机一旦出事就没有小事”,民航业的工作特征决定了包

括飞行员在内的所有员工必须具备严谨的工作作风,具备求实、务实的工作态度,飞行员必须在每次飞行中保持严谨的态度,谨慎、认真地对待每一次的飞行,确保每一次飞行的安全^[5]。

2.2 体能训练在民航安全中的作用

《意见》提出的新时代民航安全不仅对飞行员的思想、认知、行为等方面提出明确要求,而且为飞行员体能训练提供了引领。体能训练不仅是保障自身的身体健康,应对飞行员这一特殊岗位对身体的损伤规避职业病的产生;更重要的是系统的体能训练能够提升飞行员的身体素质,提高飞行过程中的肢体应对能力,确保所有操作的合规和正确,特别是避免极端情况下的身体不适,提高多种环境下的飞机操控能力。体能训练队飞行员的作用体现在以下方面:

2.2.1 对职业健康风险的“预防性阻断”,降低安全隐患源头

飞行员的工作特性决定了飞行员日均飞行坐姿 4~8 小时以上、跨时区节奏紊乱、高应激负荷的职业状态中,飞行员极易容易发生颈椎腰椎损伤、循环系统异常、代谢紊乱等职业疾病。研究表明,体能训练能够有效降低飞行员的身体不适感,通过等长收缩训练、颈椎稳定性训练能够降低飞行员的颈椎障碍指数,降低飞行员的颈椎不适度,进而降低因颈椎僵硬导致的飞行仪表观察迟缓风险^[6]。通过系统的体能训练,能够将飞行员的健康风险进行“预防性阻断”,降低因职业特殊性所可能产生的职业疾病^[7]。通过体能训练,提升飞行员个体健康,同时也是维护职业健康和飞行安全的重要保障,这正是《意见》对于“生命至上”在公共安全和个体健康的双重具象化体现。

2.2.2 对飞行操作精准性的“生理支撑”,保障关键环节合规

飞行员的工作特殊性决定了其对个体的肢体控制力达到极高精度,这对飞行员的肢体控制能力和神经反应速度提出了极高的要求。飞行员需要“力量—耐力—协调性”的三维生理素质,力量素质是飞行员完成各种动作的基础,确保操作的“精确、可控、稳定”;耐力素质是维持长期操控能力的基础;协调性是实现多维度同步、逻辑操作的基础,三方面共同构成了飞行员的核心体能,确保飞行员能够在复杂的飞行环境中高质量地操作,规避可能出现的操作失误^[8]。

从力量素质角度看,力量素质是飞行员各种操作的“基础支撑”。飞行员需要的力量更多的是体现在“核心稳定性”和“精细肌肉力量”,是力量功能性输出的体现。核心稳定性力量方面,飞行员需要在飞行的过程中全程保持“坐姿前倾”,腰椎、腹背肌群等核心肌肉持续提供力量,保障飞行员的坐姿稳定;精细肌肉力量方面,驾驶舱内油门杆微调、襟翼手柄档位切换、仪表盘按钮按压等操作,均高度依赖飞行员的手部小肌肉群的精准发力,这对飞行员的精细力量控制和力量维持提出了极高的

要求^[9]。

从耐力素质角度看,飞行员的体能强调长时间的维持,民航航班短则数小时,长则十几小时,对飞行员的体能耐力是极大的挑战。飞行员不仅需要具有极强的肌肉耐力,维持机体的长时间力量输出,而且需要具备强大的“心肺耐力”,确保长时间状态下大脑供氧的充足,以保障飞行员注意力的集中,应对飞行中的精神疲劳。

从协调素质角度看,飞行员的协调素质包括“手眼协调”“肢体协同”“身心协同”等多方面的协调,飞行员需要具备“眼睛看仪表—手部操作设备—脚部控制舵面”的多事务同步处理能力,而且需要在特殊状态下保持“判断—决策—操作”的逻辑连贯性,这些均需要飞行员协调素质的支撑。

2.2.3 对特殊运行环境的“适应赋能”,提升复杂场景操控能力

随着我国民航业的发展,各种航线不断扩展,高原航线、极地航线、长时跨洋航线等特殊环境对飞行员体能提出更高要求,飞行员需要具备更强的体能素质以应对各种特殊场景。另外特殊极端场景,如起飞降落时的暴雨天气,对飞行员的瞬间反应能力和操控能力要求极高。通过系统的体能训练,有助于提升飞行员特殊运动环境的适应能力,例如在低氧环境的体能训练能够提升飞行员高原飞行的不适感、颠簸环境下的体能训练能够提升飞行员的平衡能力和极端稳定性,提升飞行员在特殊环境下的肢体控制力。

2.2.4 与安全管理体的“深度协同”,强化安全保障合力

《意见》对飞行员提出了多方面的安全要求,体能训练作为飞行员日常训练的一项,其不仅是飞行员体能提升的重要途径,而且为飞行员飞行技术训练、应急处置训练、安全文化培育的生理基础,通过多方面多维度的综合训练,共同构筑飞行员安全管理体系,形成体能与安全管理体系的“深度协同”。

总的来看,系统的体能训练为飞行员提供了“风险预防—操作保障—环境适配—安全协同”四个维度的安全保障,这与《意见》中对飞行员“生命至上、安全第一”的核心导向相符,有助于筑牢飞行员飞行安全的“生理基石”。

2.3 文化引领与体能训练的协同逻辑

《意见》不仅对飞行员价值理念提供引导,而且对飞行员的行为和习惯产生直接影响,通过“生命至上、安全第一、遵章履责、崇严求实”四个核心要点,构建了飞行员从价值认知到行动准则、从责任边界到作风要求的多维度“文化导引”,对飞行员的体能训练体系构建有明确的指导作用。

2.3.1 生命至上:民航安全文化的根本立场,锚定体能训练的“人本导向”

“生命至上”是民航安全文化的根本起点,传统的安全观念是以乘客的生命安全为导向,但新时代民航文化安全不仅涵盖乘客的生命安全,同时也包括飞行员自身的安全,

飞行员的安全和乘客的安全是“一体化”且“不可分割”的。飞行员进行系统体能训练是基于多方面安全和健康的考虑,体现了民航的“生命至上”以及“人本导向”,是对飞行员自身和乘客负责的行为。

2.3.2 安全第一:民航安全文化的优先级原则,明确体能训练的“刚性定位”

“安全第一”体现了民航对于安全的重视,当前民航业普遍将“安全”放在成本、效益的前边,将安全视为航空业的首要任务,是民航业“安全第一”的重要体现。《民用航空飞行员训练管理规则》明确飞行员需要开展体能训练,对于连续6个月未完成规定体能训练的飞行员,需通过专项评估方可恢复飞行任务,从制度层面强化“安全第一”,明确飞行员的体能基本要求。对飞行员而言,开展体能训练不仅是基于民航安全文化的认可,同时也是民航公司对飞行员的刚性要求,飞行员需要定期开展系统的体能训练,同时维持体能状态,并将其作为保障“安全第一”的生理保障。

2.3.3 遵章履责:民航安全文化的行动准则,构建体能训练的“责任闭环”

“遵章履责”强调“章”和“责”的同步协同,做事“有章可循”“按章办事”,主动承担“责任”与“义务”。当前航空公司普遍将飞行员的体能训练和体能测试纳入绩效考核,飞行员的体能保障成为其应履行的“章”之一;另外飞行员体能素质与飞行状况、飞行能力直接挂钩,飞行员主动通过训练提升体能水平,提升自身的飞行能力,是履职尽责的重要体现。

2.3.4 崇严求实:民航安全文化的作风要求,夯实体能训练的“科学底色”

“崇严求实”是民航安全的作风保障,严格要求体现在飞行员的体能水平的高要求、技术动作的标准化、操作流程的规范性等方面,体能素质达标不仅是“严”的直接要求,同时也是高质量实现其他目标的生理基础;“实”体现在体能训练需要落到实处,飞行员需要达到真实体能提升的目的,同时训练具有针对性,能够切实符合飞行员这一岗位的体能要求。

总的来看,新时代民航安全文化为飞行员的体能训练提供了引领,“生命至上”明确训练的“价值目标”,“安全第一”确立训练的“优先级”,“遵章履责”划定训练的“责任边界”,“崇严求实”保障训练的“质量底线”,安全文化的四个核心要点共同构成了飞行员体能训练的文化支撑,同时为飞行员体能训练提出了要求和目标。

3 新时代民航安全文化引领下飞行员体能训练体系的构建

3.1 文化引领层:构建“三位一体”价值体系

3.1.1 核心理念融入:让安全文化成为体能训练的“思想罗盘”

核心理念融入是打破以往安全文化与体能训练割裂的关

键，在开展飞行员体能训练全过程中，首先需要将新时代民航安全文化的内涵与要点融入体能训练的思想引导中，使得飞行员的体能训练成为有思想、有内涵、有标准的体能训练体系^[10]。

3.1.2 职业认同培育：让体能训练成为飞行员的“职业自觉”

职业认同的培育，其本质是对飞行员的思想和价值观念进行教育引导，将体能训练与飞行员的职业发展、职业荣誉、考核和绩效等方面进行挂钩，改变以往飞行员被动训练的模式，让飞行员从“要我练”转换为“我要练”，提升飞行员参加体能训练的积极性和主动性。

3.1.3 风险文化塑造：让体能管理成为安全风险的“防控手段”

风险文化素质的目的是让飞行员明白体能和飞行风险的关联，提升飞行员对飞行安全的重视，帮助飞行员树立“体能不足 = 风险增加”的认知，将体能训练从单纯的“健康管理手段”升级为“系统安全风险的防控手段”，提升飞行员主动体能管理的认知和行为。

“三位一体”的价值体系是新时代民航安全文化引领下飞行员体能训练的思想引导和价值观塑造的重要途径，通过安全文化的融入，为飞行员体能训练注入“灵魂”，使得飞行员体能训练成为践行安全文化、保障飞行安全的重要

载体。



图 1 飞行员体能训练文化引领示意图

3.2 训练实施层：打造科学的训练体系

3.2.1 一般体能训练

一般体能是与飞行岗位没有直接关联，但在基础层面影响飞行员体能的素质，一般体能是飞行员专项体能的基础。飞行员需要针对自身的一般体能开展训练，主要包括力量训练、耐力训练、柔韧性训练和平衡能力训练四个方面^[11]。具体安排如下：

表 1 飞行员一般体能训练安排表

训练模块	核心训练内容	训练工具	训练频率	目标指标 (达标标准)	安全要点
基础力量训练	1. 徒手深蹲：双脚与肩同宽，膝盖不超过脚尖（每组 15-20 次，3 组） 2. 俯身哑铃划船（轻重量）：哑铃重量 1-2kg，肩胛骨后缩发力（每组 12 次 / 侧，3 组） 3. 坐姿腿屈伸：利用健身房坐姿腿屈伸器械，重量 ≤ 体重 10%（每组 18 次，3 组） 4. 站姿哑铃推举（轻重量）：哑铃重量 1kg，推举至肩部高度（每组 12 次，3 组）	1-2kg 哑铃、坐姿腿屈伸器械	每周 2 次	徒手深蹲可连续完成 3 组 × 20 次无膝盖不适；俯身划船后背部无酸痛	深蹲时需有人纠正动作（避免膝盖内扣）；所有力量训练均采用“轻重量、多次数”，避免肌肉过度疲劳影响飞行操作
基础耐力训练	1. 快走：户外或跑步机快走，速度 5-6km/h（每次 30-40 分钟） 2. 游泳（自由泳 / 蛙泳）：低强度匀速游，避免高强度冲刺（每次 25-30 分钟） 3. 椭圆机训练：阻力档位 ≤ 5 档，心率维持在最大心率 55%-60%（每次 35 分钟）	跑步机、椭圆机、泳池	每周 2-3 次	30 分钟快走后心率恢复至静息心率 +10 次 / 分以内；30 分钟游泳后无呼吸急促	耐力训练前需做 5 分钟动态热身（如关节绕环）；避免在飞行前 12 小时内进行高强度耐力训练（如快速跑）
柔韧性训练	1. 颈肩拉伸：①颈部侧屈（每侧保持 30 秒，2 组）；②肩部交叉拉伸（每侧保持 30 秒，2 组） 2. 腰腹拉伸：①站姿体前屈（膝盖微屈，保持 30 秒，2 组）；②仰卧腰部扭转拉伸（每侧保持 30 秒，2 组） 3. 下肢拉伸：①小腿后侧拉伸（每侧保持 30 秒，2 组）；②大腿前侧拉伸（每侧保持 30 秒，2 组）	瑜伽垫、拉伸带（可选）	每次飞行前后 + 每周 3 次专项拉伸	拉伸后颈肩腰下肢肌肉紧张度评分（0-10 分）≤ 2 分	拉伸时动作缓慢，避免“弹震式拉伸”（如快速低头）；飞行前拉伸以“动态为主”（如颈部缓慢绕环），飞行后以“静态为主”
平衡能力训练	1. 单腿站立：睁眼单腿站立（每侧保持 40 秒，3 组）；闭眼单腿站立（每侧保持 20 秒，2 组） 2. 平衡垫静态支撑：双脚踩平衡垫，保持站姿稳定（每次 60 秒，3 组） 3. 弓步平衡：弓步姿势下，后腿抬起保持平衡（每侧保持 30 秒，2 组）	平衡垫（厚度 5-8cm）	每周 2 次	闭眼单腿站立可稳定保持 25 秒 / 侧；平衡垫支撑 60 秒无明显摇晃	平衡训练需在平整地面进行，旁边配备扶手（防止跌倒）；训练时若出现头晕，立即停止并坐下休息

3.2.2 专项体能训练

飞行员的专项体能训练需求集中在“预防颈肩腰损伤、支撑精细操作、维持长时耐力、适应特殊环境”四个维度，飞行员需要针对训练需求，开展模块化的训练方案^[12]。

从训练安排看，飞行员需要进行核心稳定性训练、精细肌肉控制训练、心肺耐力训练、抗疲劳与节律适应训练，四种类型的体能训练。核心稳定性训练以“动态训练”替代传统静态训练，贴合飞行过程中的坐姿微调，动态发力的场景，死虫式能够激活深层次腰腹肌肉，提升核心部位力量和

稳定性；精细肌肉控制训练采用“模拟设备+弹力带”的组合训练，让肌肉形成直接记忆，不仅记住发力方向、发力位置、发力幅度，切实履行“遵章履责”对飞行员飞行合规性的要求；心肺耐力训练区分一般航线飞行员和特殊航线飞行员，实行稳态有氧+低氧模拟训练的模式，提升训练的针对性；抗疲劳训练则侧重于体能恢复以及节奏紊乱状态下的体能维持，提升飞行员在疲劳状态下的操作稳定性，降低因疲劳导致操作失误等情形出现的几率^[13]。

表 2 飞行员专项体能训练安排表

训练模块	核心训练内容	训练工具	训练频率	目标指标 (达标标准)	安全要点
核心稳定性训练	1. 动态平板支撑: 手肘交替支撑, 躯干保持中立(每组 30 秒, 3 组) 2. 死虫式: 仰卧交替伸臂抬腿, 腰部贴地(每组 15 次 / 侧, 3 组) 3. 坐姿转体: 模拟驾驶坐姿, 双手持轻物 (1kg) 左右转体 (每组 20 次, 3 组)	瑜伽垫、1kg 弹力球	每周 4 次	静态平板支撑时长 ≥60 秒 (宽体机飞行员 ≥70 秒); 坐姿转体时腰椎无疼痛	训练前需做腰部动态拉伸 (如猫式伸展); 避免塌腰或过度转体, 出现疼痛立即停止
精细肌肉控制训练	1. 弹力带指屈训练: 手握弹力带 (阻力 10 磅) 做手指抓握 - 伸展 (每组 20 次, 4 组) 2. 模拟油门杆微调: 使用航司定制模拟杆 (带力度反馈), 精准调节 0.5° 档位 (每组 15 次, 3 组) 3. 腕部稳定性训练: 前臂固定, 手腕负重 (0.5kg) 做上下抬腕 (每组 18 次, 3 组)	10-15 磅弹力带、模拟油门杆、0.5kg 哑铃	每周 3 次	模拟油门杆微调误差 ≤0.3mm; 手指抓握力波动范围 ≤10%	模拟杆训练前需校准设备力度; 腕部训练时前臂需完全固定, 避免代偿发力
心肺耐力训练	1. 低强度稳态有氧: 慢跑或划船机训练 (心率维持在最大心率 60%-65%, 每次 40 分钟) 2. 间歇有氧 (针对高原 / 长航线): 2 分钟快走 (心率 70%) + 1 分钟慢走 (心率 55%), 循环 15 组 3. 低氧模拟有氧: 高原航线飞行员专用, 低氧舱内 (模拟 3000 米海拔) 慢跑 30 分钟	心率带、划船机、低氧舱	每周 2-3 次	12 分钟跑距离 ≥2800 米 (普通飞行员); 高原低氧环境下血氧饱和度 ≥92%	有氧训练前测静息心率 (> 80 次 / 分需降低强度); 低氧训练需实时监测血氧, < 90% 立即停止
抗疲劳与节律适应训练	1. 碎片化恢复训练: 模拟飞行中 20 分钟小睡后, 做 5 分钟颈肩拉伸 + 踝泵运动 (每组 10 次 / 部位) 2. 注意力 - 体能协同训练: 边进行静态支撑 (如单腿站立 30 秒), 边完成仪表数字识别 (每分钟识别 ≥15 个正确数字) 3. 夜间节律训练: 夜间航班飞行员专用, 弱光环境下进行 20 分钟有氧 + 10 分钟仪表操作模拟	模拟驾驶舱仪表盘、弱光训练灯	每周 2-3 次	碎片化恢复后疲劳评分 (0-10 分) ≤3 分; 夜间仪表识别误差 ≤1 次 / 分钟	注意力 - 体能训练时避免过度憋气; 弱光训练需保证基础照明, 防止跌倒

3.2.3 体能周期训练安排

从飞行员体能训练时间安排看，不同阶段飞行员体能训练的侧重点和训练强度安全等方面存在一定差异，飞行员有必要针对自身的岗位安排，合理地安排体能训练，践行新时代民航安全文化对体能训练的指导作用，做到“安全第一，践行履责”^[14]。

3.3 科学架构层：打造“多维联动”训练体系

新时代民航安全文化引领下的飞行员体能训练体系，需要突破传统“单一训练+静态考核”的模式，在训练过程中构建“精准评估、分层干预、智能监测、动态反馈”的四维联动训练体系。

3.3.1 构建多维度动态评估模型，解决体能“评估滞后、适配性差”的问题

以往飞行员体能测试多为“年度体检+体能达标测试”，评估方式相对滞后，且不能飞行员的现实需求开展评估，体

能评估与飞行员岗位需求的适配性不足。通过精准化的评估，能够识别飞行员的体能短板和安全风险点，为分层干预和针对性干预提供依据^[15]。具体评估如下：

静态评估聚焦基础健康指标，包括：①体成分（体脂率、肌肉量，采用生物电阻抗法检测，目标值：男性体脂率 ≤22%、女性 ≤25%）；②循环功能（血压、心率变异性，通过 24 小时动态血压监测仪采集，预警值：收缩压 ≥130mmHg 持续超 4 小时）；③骨骼肌肉功能（颈椎活动度、腰椎支撑力，采用颈椎 MRI 与腰椎压力传感器检测，异常阈值：颈椎活动度 < 45°、腰椎支撑力下降超 30%）。

动态评估则结合飞行任务场景，如：①心肺耐力（12 分钟跑结合低氧模拟测试，高原航线飞行员需额外测试 3000 米海拔下的最大摄氧量，目标值 ≥38ml/kg·min）；②肌肉耐力（核心肌群静态支撑测试，长航线飞行员需完成平板支撑 ≥60 秒，短航线 ≥45 秒）^[16]。

针对飞行员的差异化，可以根据不同岗位的差异，设计出差异化的评估指标。

3.3.2 建立分层干预方案，解决体能训练“同质化、针对性弱”问题

分层干预的前提是对飞行员的分层和体能评估，基于评估结果，采取差异化的训练方案，能够提升飞行员体能训练的针对性。对不同飞行员的分层训练，可以采取不同的分层方式^[17]。

从飞行员健康角度看，可以将飞行员分为健康人群、临界（亚健康）人群、不健康人群三类，针对三类飞行员，

需要采取差异化的体能训练方案。

从飞行员不同岗位场景看，不同场景飞行员体能训练重点存在一定差异，有必要针对不同岗位飞行员采取差异化的体能训练方式^[18]。

3.3.3 建立科学地监控和反馈机制，保障训练安全性

飞行员在训练过程中需要进行一定的监控和反馈，确保训练的安全性，避免训练损伤的发生。

通过研究，构建了基于新时代民航安全文化为引领的体能训练体系，具体如图所示（图 2）

表 3 飞行员体能训练周期安排表

训练周期	时间范围	飞行任务特点	核心训练重点	训练强度（心率控制）	与飞行任务的协同策略
基础期	航班淡季	执飞频次低（日均 2-3 次）、无特殊航线	1. 专项模块基础训练（核心稳定性 + 精细肌肉控制，占比 60%） 2. 基础体能恢复（低强度有氧，占比 40%）	有氧心率 ≤ 最大心率 60%；力量训练负荷 ≤ 体重 5%	训练安排在执飞前 1 天或执飞后 2 天；每次训练后休息 ≥ 12 小时再执飞
强化期	航班旺季前	执飞频次逐步增加、需储备体能	1. 岗位场景差异化训练（占比 50%） 2. 体能短板针对性突破（如高原飞行员加强低氧训练，占比 30%） 3. 应急体能训练（模拟紧急撤离时的爆发力，占比 20%）	有氧心率 65%-70%；力量训练负荷 ≤ 体重 8%	训练安排在非执飞日；旺季前 2 周逐步降低强度，避免疲劳累积
维持期	航班旺季	执飞频次高（日均 5-7 次）、含特殊航线	1. 碎片化维持训练（如航后 15 分钟拉伸 + 核心训练，占比 70%） 2. 关键体能指标监测（每周 1 次心肺耐力测试，占比 30%）	有氧心率 ≤ 最大心率 55%；仅做低负荷力量训练	训练以“航后恢复”为主，避免飞行前 4 小时内高强度训练；特殊航线执飞后增加 1 次恢复性拉伸

表 4 不同岗位飞行员体能评估指标差异统计

对象	评估要点
窄体机（如 A320、波音 737）飞行员	侧重“精细操作能力评估”（如手指按压精度测试，要求误差 ≤ 0.5mm，模拟油门杆微调场景）
宽体机（如 A350、波音 787）飞行员	侧重“长时耐力评估”（如 6 小时模拟坐姿下的肌肉疲劳度监测）
高原航线飞行员	增加“低氧耐受评估”（模拟 4000 米海拔的血氧饱和度监测，预警值：血氧 < 90% 持续超 10 分钟）
夜间航班飞行员	增加“暗适应能力评估”（暗环境下仪表识别速度测试，目标值：识别时间 ≤ 1.5 秒）

表 5 不同健康层次飞行员体能训练安排

对象	训练安排	训练目标
健康达标，无安全风险	侧重“维持性训练”，方案以“碎片化 + 便捷化”为主，如：①每日 10 分钟颈肩拉伸（利用航班间隙在驾驶舱或休息室完成）；②每周 3 次 30 分钟有氧运动（跑步、游泳，通过 APP 记录打卡）；③每月 1 次专项力量训练（核心肌群、手部精细肌肉，使用航司配备的便携训练器械）	维持基础体能，预防职业损伤。
指标临界，轻度风险，如血压 125-130mmHg、颈椎活动度 40-45°	侧重“专项干预训练”，联合航医制定“3 个月康复计划”，如：①针对高血压：每日 20 分钟有氧 + 呼吸训练（如腹式呼吸，降低交感神经活性），配合低盐饮食指导；②针对颈椎问题：使用智能颈肌训练仪（带压力反馈功能），每日 15 分钟等长收缩训练，每周 2 次颈椎牵引。	3 个月内将指标恢复至健康区间，降低风险。
指标异常，高风险，如血压 ≥ 140mmHg、腰椎间盘突出	侧重“医疗介入 + 康复训练”，暂停高负荷飞行任务，由航医、运动康复师、体能教练组成专项小组，制定方案：①医疗干预（如降压药治疗、物理治疗）；②康复训练（如腰椎患者的“麦肯基疗法”，避免弯腰负重，从静态拉伸逐步过渡到动态训练）；③阶段性评估（每 2 周 1 次，达标后逐步恢复飞行与常规训练）。	消除安全风险，恢复职业适配能力。

表 6 不同岗位场景层次飞行员体能训练安排

对象	训练安排	训练目标
长航线 (> 8 小时) 飞行员	强化“抗疲劳+节律适应”训练,如:①“碎片化睡眠-运动”结合训练(模拟飞行中20分钟小睡后,进行5分钟肢体拉伸,提升睡眠质量与精力恢复速度);②“心肺耐力间歇训练”(如2分钟快跑+1分钟慢走,每周3次,提升长时有氧能力)。	降低长航线飞行员飞行后疲劳指数
高原航线飞行员	强化“低氧适应+心肺储备”训练,如:①低氧舱训练(模拟3000-4000米海拔,每周2次,每次60分钟,提升血红蛋白携氧能力);②“阶梯式有氧训练”(从平原到高原逐步增加训练强度,避免急性高原反应)。	提升飞行员高原飞行中血氧饱和度维持率
夜间航班飞行员	强化“暗适应+注意力维持”训练,如:①“暗环境视觉训练”(在弱光下进行仪表识别与操作模拟,每周2次);②“注意力间歇训练”(如交替完成“数字记忆+手部操作”任务,提升多任务处理时的注意力稳定性)。	降低夜间航班仪表读取失误率

表 7 不同岗位场景层次飞行员体能训练安排

监测指标	监测工具	正常范围	预警阈值(需干预)	红色阈值(需停止训练)
心率	心率带/智能手表	有氧训练:最大心率×60%-70%;力量训练:最大心率×50%-60%	有氧>70%/力量>60%	有氧>80%/力量>70%或心率骤升(每分钟>15次)
血氧饱和度	血氧仪	≥95%	93%-94%	<93%
主观疼痛评分	0-10分主观量表	≤2分(轻微酸胀)	3-4分(明显酸痛)	≥5分(剧烈疼痛)
肌肉疲劳度	肌电监测仪	肌电信号平稳(无异常波动)	信号波动幅度>30%	信号骤降(提示肌肉力竭)

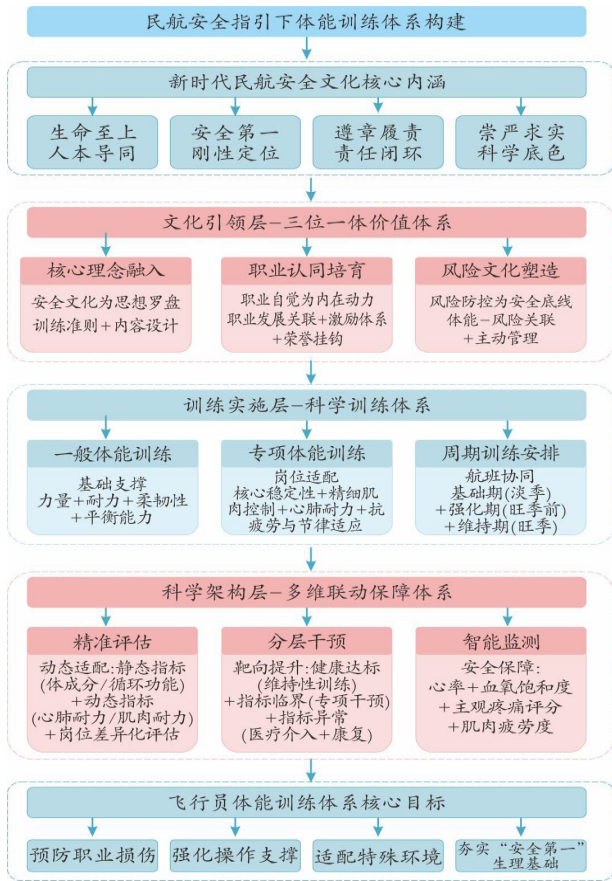


图 2 民航安全指引下体能训练体系构建示意图

4 结语

新时代民航安全文化聚焦“生命至上、安全第一、遵章履责、崇严求实”四个核心要点,这四个核心要点为飞行员体能训练提供了价值引导的方向和体能训练实施的依据。

在民航安全文化指引下,本研究探讨了民航安全文化与飞行员体能训练的理论耦合机制,指出民航安全文化构成了飞行员体能训练的文化支撑,同时为飞行员体能训练提出了要求和目标。在民航安全文化引领下,本研究构建了飞行员体能训练体系,通过文化引领层“三位一体”价值塑造锚定训练方向,训练实施层“一般体能打造体能基础、专项体能提升专项能力、周期训练保适配”形成科学的训练实施策略,科学架构层“精准评估-分层干预-智能监测”保障训练安全与实效,最终实现完善的体能训练体系。

参考文献

- 王雪玉,牛国庆.民航安全文化的价值意蕴与培育路径[J].山东航空学报,2024,41(05):72-78.
- 汪磊,韦子欣,邹颖.民航飞行员不安全行为中的差错与违规分类管理方法[J].中国安全科学学报,2024,34(12):8-15.
- 王永刚,马文婷.飞行员应急处置能力评价模型[J].中国安全科学学报,2024,34(04):199-206.
- 于海.浅析安全文化对飞行员安全行为的影响[J].民航管理,2024,(07):58-60.
- 周一陈,王琳.民航飞行安全文化建设现状及对策分析[J].产业与科技论坛,2024,23(06):267-269.
- 杨景慧,耿喜臣,杨明浩,等.不同飞行员抗荷体能训练方案效果评价[J].航天医学与医学工程,2024,35(01):38-41.
- 吉喆,周海涛,邹志康,等.12周基础性抗载荷训练对某航空学校飞行学生体能影响研究[J].中国应用生理学杂志,2021,37(05):519-522+533.
- 许红军,宋凯莉,王卉卉.民航飞行员职业使命感对其安全公民行为影响机制研究[J].安全与环境学报,2021,21(02):688-694.
- 张向阳,葛朝丽,周晴霖,等.美国空军体能测评标准发展变革[J].

- 空军航空医学,2023,40(05):441-445.
- [10] 李成,李永刚,战春霞.基于大数据的飞行员生理心理个性化训练管理系统设计研究[J].科技创新与应用,2021,11(19):84-86.
- [11] 杨景慧,耿喜臣,王海霞,等.新型训练模式下颈腰背部力量训练方案效果分析与评价[J].空军医学杂志,2021,37(02):93-97.
- [12] 徐艳,谭清坡,杨景慧,等.飞行员力量训练与评估方法研究[J].载人航天,2024,30(01):29-36.
- [13] Wochny Z. Evaluation of selected elements of fitness and physiological diagnostics of military pilots as a factor in flights safety[J]. *Frontiers in Physiology*, 2025, 16: 1558786.
- [14] Prokopczyk A, Wochny Z. Changes in physical fitness and body composition of pilot cadets before and after a process of directed flight preparation[J]. *BMC sports science, medicine and rehabilitation*, 2022, 14(1): 153.
- [15] 张学进,林景宏,谢刚.飞行人员体能训练存在的问题及对策[J].军事体育学报,2019,38(02):12-14.
- [16] 姜智东,王晓利,孙一等.我国空军优秀飞行员体能特征分析与评价[J].军事医学,2020,44(05):338-341+361.
- [17] Somerville A, Lynar T, Wild G. The nature and costs of civil aviation flight training safety occurrences[J]. *Transportation Engineering*, 2023, 12: 100182.
- [18] 张俊杰,陈学东,徐斌,等.我国高校民航飞行体育训练的现状、问题与发展路径[J].湖北体育科技,2021,40(12):1125-1128.