

数字赋能：体育科技的多维创新与融合发展初探

陈泽昊 李凯*

(湖北文理学院 机械工程学院, 湖北 襄阳 441021)

摘要: 本文立足于体育数字化转型的时代背景,旨在系统梳理体育科技在多领域的创新实践与融合路径,以期为推动体育科研与应用发展提供参考。研究首先阐释数字技术驱动体育科学范式转型的必然性,进而围绕运动生理生化监测、智能干预与康养、体育大数据与人工智能应用、智能装备与场景研发四大支柱,构建数字体育科技的核心体系。在此基础上,文章结合专项运动数字化、新兴疗法应用、特殊人群体育及产业生态等特色议题,分析当前进展与挑战。最后,从加强顶层政策设计、深化产学研融合、加强伦理与数据治理、促进普惠发展等方面提出对策建议,以期构建更高水平的全民健身公共服务体系、服务健康中国战略提供理论支持与实践指引。

关键词: 数字技术; 体育科技; 运动干预; 融合发展

一、引言

随着物联网、大数据、人工智能、虚拟现实等数字技术的迅猛发展与深度融合,人类社会正经历一场深刻的数字化转型。体育,作为促进个体健康、提升生活质量、丰富社会文化的重要组成部分,亦在这场变革中迎来前所未有的创新机遇与升级挑战。传统的体育科学、运动训练、健康促进和体育教育模式,正被日益精密的数字化工具、智能化的分析方法和个性化的服务方案所重塑。从精英竞技体育的“更快、更高、更强——更团结”,到大众健康促进的“主动健康、科学运动”,数字赋能该如何成为体育科技新发展的关键引擎呢?

乔嘉欣(2025)探讨了体育科技创新赋能竞技体育高效发展的相关问题^[1],在结合时代发展方面,陈佩杰(2025)对于新质生产力和体育发展互动关系构建进行了基本理论构型、关键方向探索以及创新路径探讨,^[2]当然,竞技体育科技创新体系整体效能提升^[3](戴红磊、方千华,2025)也引起了一定关注。在数字赋能的体育科技应用方面,Robertson, S. ed(2023)提出了相关理论框架^[4],Seçkin, A. ed(2023)对于体育科技的多维创新与融合发展中的穿戴技术的概念、挑战与机遇进行了综述,为体育科技的继续发展指明了新的方向^[5]。在以上研究背景下,体育科技的研究与实践边界不断拓展,呈现出鲜明的交叉性、前沿性和应用导向性。它不仅关注运动表现提升的微观生理生化机制,更致力于通过技术手段解决特殊群体的健康需求、优化体育教育体验、驱动体育产业升级等宏观社会议题。因此,系统梳理数字技术在体育各领域的创新应用,探索其多维度融合发展的内在逻辑与未来路径,具有重要的学术价值和现实意义。

后文拟依据一个涵盖核心学术研究、特色专题探讨及学术交流服务的综合性框架,对当前体育科技的关键领域进行深入阐述。文章将围绕运动生理与生化的数字化、智能运动干预

基金项目: 湖北民办高校党的建设与思想政治工作研究中心 2025 年度专项课题:“民办高校辅导员思想政治教育实效性提升对策研究”(DJSZY25008)。

作者简介: 陈泽昊(2005-), 本科。

李凯(1995-), 男, 硕士研究生, 助教, 研究方向为思想政治教育、高等教育政策。

通讯作者: 李凯

与康养、体育大数据与人工智能应用、数字体育装备研发等核心探索问题展开，分析其技术原理、研究现状与应用实例。同时，结合专项运动数字化、氢分子疗法等新兴交叉点、特殊人群体育教育以及数字体育政策产业等特色专题，展现体育科技应用的深度与广度。最后，针对发展中的问题，提出促进健康、公平、可持续融合发展的思考与建议。

二、范式革命：数字技术驱动体育科学进入精准化与智能化时代

传统体育科学主要依赖周期性的实验室测试、经验性训练指导与普适化的健康建议。随着数字技术的快速发展和广泛渗透，体育科学正逐步向实时化、连续化、个性化与智能化的新范式演进^[6]。

2.1 从片段到连续：生命体征的数字化全景监控

可穿戴设备（如智能手表、心率带、肌电传感器、智能服装）的普及，实现了心率、心律变异性、血氧饱和度、体温、活动强度、睡眠质量等生理生化指标的24小时连续、无扰式采集。这打破了传统实验室测试在时间与空间上的限制，构建起个体在日常活动、训练及恢复期的动态生理数据库，为深入探究运动负荷、疲劳累积与适应机制提供了扎实的数据基础。

2.2 从经验到模型：运动反应的量化预测与评估

基于连续监测数据与机器学习算法，研究者能够构建更为精准的数字模型，实现运动性疲劳预测、训练负荷评估（如基于心率与功率的TRIMP）、过度训练风险识别，乃至运动损伤发生概率的预估。例如，通过分析心率变异性与主观疲劳感觉量表（RPE）的时序关系建立疲劳预测模型^[7]；结合作态捕捉与生物力学模型分析跑姿，可前瞻性评估膝关节损伤风险。这些模型推动训练监控与健康管理从依赖经验判断，转向基于数据的客观、前瞻性决策支持。

2.3 从通用到个性：干预方案的智能匹配与动态优化

人工智能与大数据分析的核心优势在于处理复杂信息并识别个体化模式^[8]。在运动健康领域，系统可依据个体的基因特征、生理基线、行为习惯、健康目标及实时状态，通过算法生成并动态调整个性化运动处方。例如，AI教练系统能基于摄像头捕捉的用户动作数据提供实时姿态校正反馈；VR/AR技术可为康复患者或运动恐惧人群创设安全、可控、沉浸式的虚拟训练环境，显著提升干预依从性与效果。这一转变标志着体育科技正从辅助工具演进为驱动体育科研、服务与产业发展的核心力量。

三、核心支柱：体育科技创新的四大关键技术领域

体育科技的数字化转型建立在若干关键技术领域的突破与融合之上，它们共同构成了支撑未来体育发展的核心支柱。

3.1 运动生理与生化：数字化监测与机制研究的深化

本领域是连接生命科学与运动实践的重要桥梁，数字化发展使其研究更加系统与深入。未来趋势体现为多模态数据融合监测，即整合心电（ECG/HRV）、肌电（EMG）、脑电（EEG）、近红外光谱（NIRS）及可穿戴生化传感器（如汗液电解质、乳酸监测）等多源信息，构建全面反映机体应激与适应状态的综合画像。在内在机制探索方面，组学技术（基因组、转录组、蛋白质组、代谢组）与大数据分析相结合，正逐步揭示运动适应、疲劳恢复与损伤修复的分子网络机制。例如，通过代谢组学分析运动后血液或尿液中小分子代谢物的变化，有助于识别与运动能力或疲劳相关的潜在生物标志物。此外，数字模型与仿真通过建立从分子、细胞到器官、系统层面的计算生理学模型，模拟不同运动刺激下机体的整体响应，为优化训练方案、预测个体干预效果提供理论工具，从而降低实际“试错”成本。

3.2 智能运动干预与康养：AI、VR、AR 赋能的主动健康管理

本领域聚焦于技术在实际健康促进与疾病防治中的应用，尤其注重慢性病患者与特殊群体的个性化干预。慢性病的数字化运动管理针对高血压、糖尿病、肥胖等常见慢性病，构建融合可穿戴设备、移动应用与云端AI分析的数字疗法系统。该系统可实时监测患者日常活动与生理指标，动态调整运动处方，并结合饮食与用药提醒、健康教育等内容，实现闭环管理。例如，基于连续血糖监测（CGM）数据为糖尿病患者设计并验证个性化步行方案。运动康复的智能化与游戏化则借助惯性测量单元（IMU）与计算机视觉进行动作捕捉，利用AI系统精准评估关节活动度、力量对称性及步态参数，并提供实时纠正反馈。VR/AR技术可将传统康复训练转化为沉浸式虚拟游戏（如虚拟避障平衡训练），显著提升参与积极性与康复效果。康复机器人还可为神经损伤患者提供高重复性、辅助力精准的训练支持。

在特殊人群的创新干预方面，面向老年人可整合防跌倒传感器、室内定位与AI算法，构建集安全监测与运动促进于一体的智慧养老系统，并设计VR太极、认知—运动结合游戏等项目以延缓功能衰退。针对孤独症谱系障碍（ASD）儿童，可利用VR构建结构化、可预测的社交运动场景，帮助其学习社交规则与运动技能，并结合情绪识别技术动态调整干预策略。对于残障人士，脑机接口（BCI）与外骨骼机器人相结合，可辅助脊髓损伤患者实现站立与行走；智能假肢与轮椅则通过运动意图识别提供更自然的辅助支持。

3.3 体育大数据与人工智能应用：从数据挖掘到智能决策

数据是数字体育的核心资源，人工智能则是实现数据价值的关键技术。全景式数据采集体系涵盖运动员生物力学、生理生化与技战术数据，大众健身可穿戴与日志数据，赛事统计数据与观众行为，以及环境与遗传健康数据等多维度信息，其标准化与合规性是实现数据应用的基础。

在先进算法模型与应用层面。其一，技战术分析依托计算机视觉自动识别比赛视频中的球员、球体及位置信息，生成热力图、传球网络与进攻模式报告，为教练团队提供数据驱动的决策依据。其二，运动表现预测与选材借助机器学习模型，融合历史表现、生理测试与遗传信息，预测运动员的成才潜力、伤病风险及状态峰值。其三，个性化内容推荐基于用户运动历史、偏好与社交关系，智能推送训练课程、健身内容及运动社群。其四，AI教练与裁判辅助系统可提供全天候个性化训练指导，并在赛事中协助裁判完成越位、出界、犯规等关键判罚，提升比赛公平性与效率（如足球VAR、网球“鹰眼”系统）^[9]。

3.4 数字体育装备与技术研发：软硬结合的创新载体

智能装备是数字技术连接用户的物理媒介，而持续的技术研发是其迭代发展的核心动力。新一代智能运动装备包括柔性电子与智能纺织品——将传感器与电路集成于衣物中，实现无感化生理与运动监测；智能跑鞋/运动鞋——通过内置压力传感器与IMU分析跑步经济性与落地姿态，并借助自适应中底材料或制动器实现动态缓冲与推进；以及日益轻量化、高精度的传感器模块，便于广泛集成于各类运动装备。

虚拟运动场景与元宇宙交互正逐步拓展应用形态。大型虚拟运动平台支持多用户在线协同参与骑行、赛艇等虚拟赛事，实现异地同场竞技；沉浸式训练模拟器则为高山滑雪、帆船等场地受限项目提供高保真虚拟训练环境，用于技术磨炼与战术演练。与此同时，数据安全与传输技术愈发关键^[10]。面对日益敏感的体育健康数据，端到端加密、区块链存证、联邦学习等隐私计算技术的研发与应用，成为保障数据在采集、传输、存储与分析全过程中安全性与主权的重要基石，也是产业健康可持续发展的必要条件。

四、特色聚焦：体育科技应用的纵深与跨界拓展

在核心支柱之上，体育科技正向更细分、更前沿、更具社会关怀的领域纵深拓展。

4.1 专项运动数字化：提升竞技表现的精密科学

以花样游泳、冰雪运动、球类等为例。花样游泳。水下动作捕捉系统与同步音频分析技术，精确量化队形一致性、托举高度、动作同步性，辅助艺术编排与技术评分。冰雪运动。利用高速摄像、无人机和雪道传感器，分析运动员滑行轨迹、姿态角、雪板受力，结合风洞模拟，优化装备空气动力学设计和滑行技术。球类运动。大数据分析球员跑动、传球、射门习惯，构建“数字孪生”球员模型，用于模拟比赛对手和制定针对性战术。

4.2 氢分子与运动健康：新兴疗法的量化验证

氢分子（氢气、富氢水）因其潜在的抗炎、抗氧化作用成为运动医学研究热点。数字科技在此领域的角色至关重要。精准给予控制：研发可控浓度、给予方式的氢分子吸入或摄入设备。效果量化监测。利用氧化应激生物标志物检测（如血液中的MDA、SOD）、炎症因子检测、肌肉微观结构成像（如超声、MRI）以及运动表现测试，通过严格的随机对照试验（RCT）设计，获取氢疗法在促进运动损伤修复、缓解运动性疲劳、加速恢复等方面效果的高水平循证证据，推动其从“概念”走向“临床实践”。

4.3 特殊人群数字体育教育：促进包容与公平

数字技术为弥补特殊人群的“体育教育鸿沟”提供了强大工具。自适应学习平台。为孤独症儿童或智力障碍者开发视觉提示清晰、步骤分解细致、反馈即时的体育教学APP或VR课程。智能辅助工具。为视障学生提供带有语音导航和障碍物识别的盲人门球训练系统；为听障学生开发将声音指令转化为视觉振动信号的设备。远程同步教学。通过高清视频互动和异地动作同步对比技术，让偏远地区或行动不便的特殊学生也能接受优质的专业体育指导。教育效果量化评估。利用行为分析AI，客观评估特殊学生在干预前后社交互动、注意力持续时间、运动技能完成度等方面的变化。

4.4 数字体育政策与产业研究：构建良性生态

技术的健康发展离不开政策与产业的协同。产业图谱与模式创新。分析数字体育产业链（硬件、软件、内容、服务、数据）结构，探索“硬件+服务+数据”“赛事IP+数字衍生品”、“健康管理+保险”等新型商业模式。政策与标准体系。研究数据隐私保护（如GDPR、HIPAA在体育领域的适用）、AI伦理准则、数字体育产品认证标准、全民健身数字公共服务平台建设规范等，为行业划定红线与跑道。产学研融合机制。探讨高校、科研院所、科技公司、体育俱乐部、医疗机构如何有效合作，共建实验室、共享数据、共育人才，加速科技成果转化。国际比较与借鉴。研究欧美、日韩等在数字体育战略布局、职业联盟数据应用、大众体育科技推广等方面的经验与教训。

五、体育数字化转型的挑战、对策与未来展望

尽管数字化转型为体育科技带来了多维创新与融合发展的广阔前景，但其推进过程中仍面临一系列关键挑战，亟待系统性应对。

5.1 面临的主要挑战

数据壁垒与孤岛问题突出。各类设备、平台与机构间的数据标准不一，互联互通困难，形成了大量“数据孤岛”，严重制约了体育大数据价值的深度挖掘与整合应用^[11]。技术可靠性与普及门槛并存。部分可穿戴设备的监测精度尚存疑问，AI算法的可解释性不足（“黑箱”问题），且许多先进技术成本高昂，可能导致“数字鸿沟”加剧，影响技术的公平普惠。隐

私、安全与伦理风险凸显。生物识别、健康轨迹等数据具有高度敏感性,面临泄露与滥用的风险。同时,AI决策可能隐含偏见,算法推荐易导致“信息茧房”或诱发不当运动风险。跨学科专业人才储备不足。兼具体育科学、数据科学与计算机技术背景的复合型人才严重短缺,成为制约体育科技纵深发展的核心瓶颈。实证研究与效果验证滞后。许多新兴技术装备的应用效果缺乏长期、大样本的严谨实证研究支撑,存在一定程度的“概念炒作”现象,影响其科学化推广。

5.2 系统性的发展对策

为应对上述主要的挑战,需要采取多层面、系统化的策略。强化顶层设计与标准建设。由政府与行业协会牵头,制定体育数据采集、交换、安全与隐私保护的国家及行业标准,并推动建设安全可信的公共数据资源共享平台,打破数据壁垒。推动技术普惠与成本优化。鼓励研发高可靠性、低成本、用户友好的解决方案。探索通过政府购买服务、纳入医疗保障试点或商业保险覆盖等模式,促进数字体育服务惠及更广泛人群,尤其是老年人、残障人士等弱势群体。构建伦理规范与监管框架。建议设立体育科技伦理审查机构,制定人工智能在体育应用中的伦理准则,加强数据全生命周期安全监管,切实保障用户的知情同意权与算法解释权。深化跨学科教育与人才培养。在高等教育中设立“体育工程”“运动信息学”等交叉学科专业,改革课程体系,旨在培养能够引领未来体育科技发展的复合型领军人才。强化产学研用协同创新。设立国家级数字体育重点研发专项,支持跨机构联合攻关,鼓励以真实场景和实际需求为导向的应用基础研究,并加强新技术、新装备的长期效果验证。

5.3 未来展望

展望未来,体育科技将朝着深度融合、以人为本、生态共生的方向演进。数字孪生技术有望为个体创建贯穿全生命周期的“体育数字孪生体”,实现健康状态的动态模拟与个性化优化。随着脑机接口、情感计算等技术的成熟,运动干预将能更精准地契合个体的生理与心理内在状态。最终,数字体育将超越工具层面的集合,演进为一个“人一机一环境”智能融合、线上线下一体化、持续增进全民健康与福祉的共生生态系统。

数字化转型为体育领域带来了根本性的变革动力。通过运动生理生化的数字监测、智能运动干预的个性实施、体育大数据的深度挖掘以及数字装备的持续创新,体育科技正在构建一个更加精准、高效、包容的现代化体育服务体系。从精英竞技到大众健康,从普通人群到特殊需要群体,从线下实体到线上虚拟,技术的融合应用不断拓展体育的边界与价值。面对发展中的挑战,需要学界、业界、政府和社会各方协同努力,在创新中坚守伦理,在发展中促进公平,在融合中构建生态。唯有如此,方能充分释放数字潜能,推动体育科技真正服务于“以人民健康为中心”的发展思想,为助力健康中国建设、提升人类生命质量贡献不可替代的力量。

参考文献:

- [1] 乔嘉欣.体育科技创新赋能竞技体育高效发展的思考[J].文体用品与科技,2025,(15):83-85.
- [2] 陈佩杰.新质生产力和体育发展互动关系构建:基本构型、关键方向、路径探讨[J].西安体育学院学报,2025,42(02):129-141.DOI:10.16063/j.cnki.issn1001-747x.2025.02.001.
- [3] 戴红磊,方千华.我国竞技体育科技创新体系整体效能提升的学理阐释与实践路径研究[J].武汉体育学院学报,2025,59(04):18-24.https://doi.10.15930/j.cnki.wtxb.2025.04.001.
- [4] Robertson,S.ed(2023).Development of a sports technology quality framework.JOURNAL OF SPORTS SCIENCES,41(22):1983-1993.https://doi.10.1080/02640414.2024.2308435
- [5] Seçkin,A.Ç.,Ateş,B. Seçkin,M.(2023). Review on Wearable Technology in Sports: Concepts, Challenges and

Opportunities. Applied Sciences, 13(18), 10399. <https://doi.org/10.3390/app131810399>

[6] Geonwoo Yang, Junggi Hong(2024).Wearable device for continuous sweat lactate monitoring in sports: a narrative review. FRONTIERS IN PHYSIOLOGY,2024(15). <https://doi.org/10.3389/fphys.2024.1376801>

[7] 高绮煌,谢凯,贺正方,等.复杂环境下多模态特征融合的疲劳驾驶检测[J].电子测量技术,2023,46(06):106-115.

[8] 游劝荣.人工智能赋能新时代审判工作高质量发展的机遇、挑战及应对[J].中国应用法学,2025,(03):1-15.

[9] Anonymous. FEED MANUFACTURING[J]. Feed & Grain,2020,60(7):76-87.

[10] Ding Y. Application and Performance Evaluation of DES Data Encryption Algorithm in Computer Information Security Technology[J]. Journal of Artificial Intelligence Practice,2024,7(3). <https://doi.10.23977/JAIP.2024.070301>.

[11] Thanh Chuong Nguyen, Thanh Tung Ha & Minh Hieu Nguyen.(2025). Adverse behavioural and health outcomes of bus driving occupation in emerging countries: An investigation from Hanoi, Vietnam.Journal of Transport & Health,44,102145-102145. <https://doi.org/10.1016/J.JTH.2025.102145>.

Digital Empowerment: An Initial Exploration of Multidimensional Innovation and Integrated Development in Sports Technology

CHEN Zehao, LI Kai*

(School of Mechanical Engineering, Hubei University of Arts and Science, Xiangyang, Hubei 441021,
China)

Abstract: This article is based on the background of the digital transformation of sports, aiming to systematically sort out the innovative practices and integration paths of sports technology in multiple fields, in order to provide reference for promoting the development of sports research and application. The study first explains the inevitability of digital technology driving the paradigm transformation of sports science, and then constructs the core system of digital sports technology around four pillars: sports physiological and biochemical monitoring, intelligent intervention and health care, sports big data and artificial intelligence applications, and intelligent equipment and scene research and development. On this basis, the article combines special sports digitalization, emerging therapy applications, sports for special populations, and industrial ecology to analyze the current progress and challenges. Finally, countermeasures and suggestions are proposed from the aspects of strengthening top-level policy design, deepening the integration of industry, academia, and research, strengthening ethical and data governance, and promoting inclusive development, in order to provide theoretical support and practical guidance for building a higher-level public service system for national fitness and serving the Healthy China strategy.

Keywords: Digital technology; Sports technology; Exercise intervention; Integrated development