

# AI 教练与人类教师协同教学模式在高校毽球课中的实证研究——基于多模态生物反馈的“教-学-评”闭环设计

李杭家

上海立信会计金融学院，上海市，200120；

**摘要：**在《教育数字化转型战略行动计划》背景下，本文构建了一种融合 AI 教练与人类教师协同的高校毽球教学模式，基于“教—学—评”闭环理念，实现教学全流程的数据驱动优化。系统集成姿态识别（OpenPose）、AR 视觉反馈、心率监测与情绪识别等多模态技术，辅助教学干预与效果评估。通过为期 8 周的实证研究，结果显示实验组在技术稳定性（CV 值下降 31%）、运动负荷控制（达标率 78.5%）和课堂情绪体验（正向情绪占比 79.6%）方面均优于对照组，验证了该协同教学模式的有效性与可推广性。

**关键词：**人工智能教练；人机协同；多模态反馈；毽球教学；数字画像；智慧体育课堂

**DOI：**10.69979/3029-2735.25.11.023

## 引言

随着智慧教育战略持续推进，人工智能、大数据与感知交互技术逐步渗透高校体育课堂，推动其从经验主导向数据驱动转型。《2025 年教育数字化转型战略行动计划》明确提出构建“教—学—评”一体化智能教学系统。作为国家级非遗项目，毽球因其下肢主导、技术门槛高等特性，在教学中面临监测难、反馈慢、评价粗等问题，亟需新的教学范式支撑。

毽球核心动作高度依赖髌—膝—踝的协同发力与躯干动态平衡，传统教学模式下，教师难以在大班环境中实时捕捉动作偏差，造成技术纠正滞后与学习差异扩大。近年来 AI 教练系统在乒乓球等项目中已初步实现标准动作建模与反馈优化，但多聚焦上肢运动，缺乏对毽球等下肢主导项目的适配性探索，且普遍存在“AI 孤立使用、教师参与不足”的应用断层。

为此，本文提出一种 AI 教练与教师协同教学的高校毽球课堂模式，基于多模态感知技术构建“教—学—评”闭环系统，融合姿态识别、AR 反馈、心率监测与情绪分析，实现从动作识别到个性干预的全过程支持。通过 8 周实证研究，验证其在提升动作稳定性、负荷合理性与课堂体验方面的有效性与可行性。

## 1 理论与技术基础

本部分对运动生物力学与 AI 姿态识别技术进行了理论阐述，为后续预警模型的构建打下坚实基础。

### 1.1 项目运动特性与技术适配逻辑

毽球运动以下肢技术为主导，强调快速发力、空间控制与身体协调。其核心动作如盘踢与绷踢，涉及膝关节的精准摆动与髋部的驱动控制，形成动作节奏复杂、重心控制难度大的运动特征。错误姿态如“膝内扣”、“重心偏移”常见，教学中难以用肉眼快速识别。

本文构建如下技术适配结构：

（1）姿态识别：采用 Intel RealSense D455 深度摄像头，结合 OpenPose 算法，实时提取踝—膝—髌三维关键点坐标，分析关节角度与重心波动。

（2）AR 可视化反馈：开发训练 App，将标准动作轨迹以图形方式叠加于学生视野中，辅助自我校准。

该系统设计不仅提升学生身体感知（embodied awareness）能力，也为 AI 教练后续算法处理与评估提供高质量数据输入。

### 1.2 AI 教练机制与人机协同教学框架

表 1 毽球技术动作特征与运动难点分析

动作类型	关键发力部位	协调要点	常见误区
盘踢	膝关节、踝关节	小腿由外向内顺摆、重心稳定	膝内扣、躯干倾斜
绷踢	髌关节、膝关节	大腿驱动小腿伸展、支撑脚平衡	重心漂移、发力滞后

传统 AI 体育系统多聚焦“演示+识别”模式，缺乏教学全过程协同。本研究将 AI 教练定位为“认知协作体”，构建如下功能划分：

表 2 教—学—评环节中 AI 教练与教师的任务分工表

教学环节	AI 职能	示例实现
教（任务输入）	提供标准动作、调节训练节奏	发球机落点自适应
学（过程监控）	动作识别与反馈、错误识别	“右膝内扣超阈值 3°”语音提示
评（效果判定）	技能趋势建模、个性建议生成	踢击 CV 值评分、反馈报告输出

教师则主要承担：

- （1）情境创设与组织管理；
- （2）课堂氛围营造与情感引导；
- （3）基于数据的微调教学决策。

这种“AI 精控+教师引导”的协同结构，实现 AI 精准化、教师人性化的有机结合。

1.3 多模态生物反馈机制

为构建完整“教—学—评”闭环，系统设计以下三类反馈路径：

表 3 多模态反馈机制与评估指标体系

维度	指标	技术支持
技能掌握	连续踢击 CV 值	OpenPose 骨架数据分析
运动负荷	心率区间达标率	Polar H10 心率带监测
情绪体验	正/负面语义占比	NLP 课堂语音情绪分析模型

三类数据将经系统融合处理，输出图表式反馈报告，供教师实施动态干预与教学调整。

表 4 教师与 AI 教练的协同职能划分表

职能领域	AI 教练	教师
技术执行	动作识别、任务节奏调整	教学组织与示范
数据处理	姿态评分、心率监测、情绪识别	教学微调与数据解读
实时反馈	语音提示、视觉叠加	情感鼓励与即时指导
个性推荐	分层训练建议生成	小组结构动态调整

2.3 硬件系统与功能配置

系统硬件采用 Intel RealSense D455 深度摄像头进行三维姿态捕捉，配合 OpenPose 算法实现踝、膝、髋等关节的关键点识别；心率监测依托 Polar H10 心率

2 教学系统设计

针对高校学生运动过程中损伤风险的检测与预警，本文构建了基于规则阈值和机器学习混合模型的预警系统，旨在实现风险因素的早期发现、动态监控与实时反馈。

2.1 教—学—评闭环机制设计

系统基于“标准引导—过程感知—个性评价”逻辑，在“教—学—评”教学闭环中，AI 教练主要承担标准任务生成、实时动作识别与多维度反馈等功能；教师则负责课程目标设定、情感激励与策略微调。两者通过姿态识别、AR 提示、热力图分析等技术手段实现协同支持，确保教学流程的闭环运行与动态调控。

2.2 角色分工与任务协同

为了实现准确预警，本文构建了以下多维评估指标体系，具体如下表所示：

带进行蓝牙同步；视觉反馈由 AR 训练 App 在手机或眼镜端实时叠加动作线框；数据管理与反馈则通过 Web 端教学管理平台完成全流程支持。

2.4 教学任务结构设计

表 5 教学任务结构分类与 AI 支持功能对照表

类型	描述	AI 作用
技能训练	重复练习标准动作	姿态评分 + 语音反馈
节奏调控	AI 控制落点节奏	发球频率动态调节
协作任务	花式接力、小组同步挑战	热力图辅助分组优化

### 3 实验设计与实施

为验证 AI 教练与教师协同教学模式在高校毽球课程中的应用成效，本文开展为期 8 周的实地教学实验，采用 A/B 对照设计，比较实验组与对照组在技能表现、运动负荷与课堂情绪体验等方面的变化。

#### 3.1 实验设计概况

本实验采用准实验研究设计（quasi-experimental design），设置实验组（AI+教师协同教学）与对照组（传统教学），教学内容、进度与时间保持一致，控制

表 6 实验对象分组与教学干预对照结构

分组	人数	教学方式	教学人员
实验组	40 人	AI 教练 + 教师协同教学	同一名教师 + AI 系统
对照组	40 人	传统教师授课模式	同一名教师

所有学生在实验前完成技术水平前测与教学态度问卷，确保实验基础一致性。

#### 3.3 教学干预与差异点设计

实验组在教师主导下引入 AI 系统参与教学，包括 A 动画示范、AR 动作反馈、语音纠错提示与热力图分组；

干扰变量。本研究教学实验历时 8 周，每周 2 课时，共计 16 课时，涵盖盘踢、绷踢、节奏控制与团队合作等内容。教学目标聚焦于提升动作稳定性、科学控制运动负荷及激发学生课堂参与度，实验场地为高校标准体育馆，设有智能设备区域和传统教学区。

#### 3.2 实验对象与分组

参与对象为某高校 2023 级两个非体育专业本科班级学生，共 80 人（男女性比例 1:1），运动基础相近，均未接受过系统毽球训练。

对照组则由教师独立完成技术讲解与教学组织。两组在动作演示、反馈形式、教学干预精度方面形成鲜明对比，为教学成效评估提供基础。

#### 3.4 数据采集与评估指标

为多维度评估教学效果，系统采集以下数据：

表 7 多模态数据采集指标与技术工具一览表

维度	指标	工具/算法	数据来源
技能掌握	连续踢击变异系数（CV）	OpenPose 骨架分析	视频采集系统
运动负荷	心率区间达标率（60–80%HRmax）	Polar H10	心率监测
情感体验	NLP 情绪词占比	教学语音+语义分析	教室拾音麦克风

此外，实验前后补充以下数据工具：

- （1）Likert 量表技术自评问卷；
- （2）教学满意度量表（交互、反馈、信任维度）；
- （3）教师与学生访谈（每组随机抽样 5 人）；
- （4）数据分析采用 SPSS 27.0，进行独立样本 t

检验与 MANOVA 多变量分析。

### 4 结果与分析

#### 4.1 技能掌握度提升分析

通过比较前后测连续踢击 CV 值，评估学生动作稳定性变化：

表 8 实验组与对照组学生连续踢击 CV 值前后测试对比

组别	前测 CV 值（%）	后测 CV 值（%）	差异显著性
对照组	32.4 ± 8.2	27.6 ± 6.9	P = 0.08（不显著）
实验组	31.7 ± 7.5	21.9 ± 5.1	P < 0.01

结果显示，实验组学生踢击动作稳定性显著提升，表明 AI 系统通过视觉反馈与实时纠错，显著优化了学生的动作形成过程。

#### 4.2 运动负荷控制分析

表 9 实验组与对照组学生课堂心率达标率比较

组别	心率达标率（%）	差异显著性
对照组	62.3 ± 9.7	—
实验组	78.5 ± 6.1	P < 0.01

实验组课堂期间平均 75%以上时间心率处于目标区间，表明 AI 可根据学生状态调节任务节奏，保证训练强度既科学又安全。

#### 4.3 情绪体验分析

表 10 实验组与对照组学生课堂情绪词占比分析结果

组别	正向情绪词占比 (%)	负向情绪词占比 (%)	差异显著性
对照组	64.2 ± 10.3	17.5 ± 6.8	—
实验组	79.6 ± 7.4	8.2 ± 3.5	P < 0.01

结合语音分析结果与课后问卷，实验组学生普遍对 AI 反馈兴趣高，课堂氛围更为活跃、专注。

82.5%的实验组学生表示更愿意参与有 AI 辅助的体育课堂；

88.7%的学生认为 AI 反馈“能及时指出动作问题，帮助更快改正”。

4.4 教学效能综合反馈

教学日志与访谈显示，该协同模式在三个维度均表现出积极成效：技术层面，学生能更快发现并纠正错误动作；课堂参与方面，学生普遍表示兴趣提升、主动性增强；教师反馈显示教学干预更具针对性，能够快速定位低参与学生并进行动态调整。

5 结论

本研究基于毽球课程实际需求，构建了 AI 教练与教师协同工作的教学系统，系统集成姿态识别、AR 反馈、心率监测与情绪分析等多模态反馈机制，并在真实课堂中验证其教学效能。

(1) 构建了技术精度与人文温度并存的智能教学范式；

(2) 验证了“教—学—评”闭环设计在技能掌握、负荷控制与情绪体验上的显著优势；

(3) 推动高校民族体育项目走向智能化、个性化、

数据化教学阶段。

参考文献

[1] 教育部. 教育数字化转型战略行动计划 (2022—2025 年)[EB/OL]. 教育部官网, 2022-03-01. <https://www.moe.gov.cn>

[2] 王晓峰, 刘志伟. 智能体育系统的教学功能拓展研究——以上海交大乒乓球 AI 平台为例[J]. 体育科技文献通报, 2022, 30(2): 89-94.

[3] 张志强, 曹志伟, 等. OpenPose: 基于部件亲和场的人体姿态识别算法[J]. 计算机工程与应用, 2019, 55(14): 155-160.

[4] 陈莉, 刘洋. 智慧教育背景下体教融合的新路径探析[J]. 教育理论与实践, 2023(4): 56-60.

[5] 黄小玲. 利用 AI 赋能高校民族传统体育教学改革的路径[J]. 体育学刊, 2023, 30(3): 114-118.

[6] 国家智慧教育平台建设工作组. 国家智慧教育平台体育分平台建设指南[Z]. 北京: 教育部办公厅, 2022.

作者简介：李杭家（1996.09—），性别：男，民族：汉族，籍贯：山东省淄博市，学历：研究生，已获得职称：助教，研究方向：运动生物力学/运动智能化测评。