

# 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髋—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。

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	髋关节、膝关节	大腿驱动小腿伸展、支撑脚平衡	重心漂移、发力滞后

## 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—髋三维关键点坐标，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

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：

表4 教师与AI教练的协同职能划分表

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 AI 动画示范、AR 动作反馈、语音纠错提示与热力图分组；

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

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。

表 6 实验对象分组与教学干预对照结构

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

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实践路径[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。