# 羽毛球 AI 智能私教平台 (Badminton AI Coach) - 技术设计文档

**版本:** 2.0

**状态:** 草案 (Draft)

**最后更新:** 2024-05-21

## 1. 项目概述 (Project Overview)

### 1.1 核心目标

构建一个基于 Google Gemini API 的羽毛球垂直领域智能分析平台。用户通过上传打球视频或个人穿搭图片，获取专业、个性化且具有连续性的指导建议。

### 1.2 核心价值主张

* **多维度分析**：通过三个不同侧重点的虚拟教练，提供全方位的技术、战术及心理支持。
* **成长追踪**：系统具备“记忆”，能基于用户历史表现提供进阶建议，而非单次孤立的分析。
* **因材施教**：采用“用户主导 + AI 辅助”的混合定级模式，确保指导话术既匹配用户自我认知，又能动态适应实际表现。
* **情绪与穿搭**：兼顾硬核技术与软性情绪价值（OOTD 点评），关注用户在球场上的整体形象。
* **垂直领域专注**：严格限定于羽毛球领域，拒绝无关噪音。

## 2. 系统架构 (System Architecture)

### 2.1 技术栈推荐

* **前端 (Frontend)**: React (Next.js) - 适合构建响应式、交互性强的 Web 应用。
* **后端 (Backend)**: Python (FastAPI) 或 Node.js - Python 在处理 AI 逻辑和数据分析方面更有优势。
* **AI 引擎 (AI Engine)**: **Google Gemini 模型矩阵 (Gemini Model Matrix)**  
  采用多模型协作策略，不局限于单一版本，以平衡性能、延迟与成本：
  + **核心主力 (Core Engine): Gemini 2.5 Flash**
    - *用途*: 处理 90% 的请求，包括视频动作捕捉、实时对话交互、穿搭图片分析。
    - *优势*: 极低的延迟（Latency）、优秀的视频理解能力，能提供近乎实时的反馈体验。
  + **深度推理 (Deep Reasoning): Gemini 1.5 Pro / Ultra (及未来高阶版本)**
    - *用途*: 处理复杂的整场战术复盘、生成月度成长深度报告、解决 Flash 无法确定的疑难动作分析。
    - *优势*: 更强的逻辑推理能力和长上下文窗口（Long Context）。
  + **架构设计**: 后端需封装 **Model Router (模型路由)** 层，根据任务类型动态选择调用的模型版本，确保系统随时可接入最新的 Google AI 模型。
* **数据库 (Database)**:
  + *关系型数据库 (PostgreSQL)*: 存储用户信息、对话元数据、结构化分析报告。
  + *向量数据库 (Pinecone/Chroma)* (可选): 用于检索历史对话中的关键建议，增强“记忆”能力。
* **存储 (Storage)**: AWS S3 或 Google Cloud Storage (GCS) 用于存储用户上传的视频和图片。

### 2.2 逻辑流程图

1. 用户上传视频/图片 -> 存储服务 -> 获取 URL。
2. 后端 **Model Router** 判别任务类型 -> 选择 Gemini 2.5 Flash (默认) 或其他模型。
3. 调用 API -> 传入媒体 + 系统提示词 (System Prompt) + 历史上下文 (Context)。
4. Gemini 生成分析结果 -> 后端解析并存入数据库。
5. 前端展示交互界面及三位教练的反馈。

## 3. 核心功能设计 (Core Features)

### 3.1 视频技术分析 (Video Analysis) - 双模式引擎

为了满足不同场景需求，视频分析功能将拆分为两个独立模块：

#### 模式 A: 实时流式点评 (Real-time Timeline Analysis)

* **目标**: 模拟教练在场边看着你打球，随看随说。侧重于捕捉每一个瞬间动作（Micro-movements）。
* **交互逻辑**:
  1. **预处理同步**: 后端预先生成带有时间戳的点评数据。
  2. **播放同步**: 视频播放时，评论框内容与视频进度条严格同步（类似弹幕或即时聊天）。
  3. **多视角切换**: 用户可点击切换“胡教练”、“李指导”或“小安”，查看同一秒钟不同视角对该球的评价。
* **输出数据结构 (JSON)**:  
  [  
   {"timestamp": "00:05", "coach": "Hu", "content": "反手引拍幅度过大，注意制动。"},  
   {"timestamp": "00:05", "coach": "Li", "content": "这个位置起反手不明智，应过渡网前。"},  
   {"timestamp": "00:12", "coach": "An", "content": "哇！这个救球反应太快了，帅！"}  
  ]

#### 模式 B: 深度整场复盘 (Full Session Summary)

* **目标**: 训练结束后，用户坐下来仔细阅读的深度报告。侧重于宏观问题总结和系统性建议。
* **交互逻辑**: 用户在三个教练中选择一位（例如选择“胡教练”），系统针对整段视频生成一份结构化的纯文本报告。
* **输出示例 (Standard Output Template)**:**【动作描述】**  
  视频中的人物正在进行原地或小幅度移动的 正手高远球/杀球 练习（多为头顶区的高位击球）。
  1. **准备与引拍**：击球前准备动作较为规范，非持拍手（左手）会指向来球，起到瞄准和平衡的作用。身体侧对网前。
  2. **击球瞬间**：击球点位于身体前方和上方，但击球动作主要依赖手臂和肩部的力量快速挥动。
  3. **随挥与恢复**：击球后拍子快速向下回收，动作完成后人物迅速回到准备姿势，等待下一球。

**【优点】**

* 1. **击球点稳定**：尽管是原地练习，但击球点选择较高且相对稳定，保证了球头能被击中。
  2. **非持拍手配合良好**：左手的抬起和指球动作，有助于身体侧身和保持击球时的平衡性。
  3. **击球意识积极**：每次击球都伴有明显的喊声和发力，显示出良好的发力意图和兴奋度。

**【改进建议】**

* 1. **优化身体发力链**：

\* \*核心驱动不足\*：视频中发力略显“硬直”，主要依赖手臂。应着重练习利用 腰腹、髋部的旋转 和蹬地力量，将力量自下而上传递至肩部和手臂。  
 \* \*引拍深度\*：在引拍过程中，可以尝试让肘部带动，保持放松，以便在击球瞬间产生更大的“鞭打”效应，而不是提前紧绷手臂。

* 1. **强调肘部和前臂的内旋**：

\* 在击球前的瞬间，确保肘部领先，当肘部达到最高点时，快速进行 前臂内旋（Pronation） ，结合手腕的快速制动，这将是产生高质量、高速度击球的关键。

* 1. **改善落地平衡与衔接**：

\* 如果目标是练习杀球或进攻性高远球，应尝试在击球后利用惯性自然收势，并迅速调整重心准备下一拍。目前有些球打完后身体略有停顿，没有立刻形成下一个准备动作。

### 3.2 虚拟教练矩阵 (The Trinity Coach System)

系统将设定三个截然不同的 AI 角色（通过 Prompt 设定），用户可随时切换视角。

| **教练代号** | **角色定位 (Persona)** | **侧重点 (Focus)** | **语言风格 (Tone)** |
| --- | --- | --- | --- |
| **严谨的“胡教练”** | 技术型 (Technique) | 生物力学、发力动作、拍面角度、步伐细节。 | 严肃、数据化、直击痛点、不留情面、追求完美。 |
| **机智的“李指导”** | 战术型 (Strategy) | 线路选择、对手预判、球路组织、搭档配合。 | 聪明、大局观强、强调“用脑子打球”。 |
| **热血的“小安”** | 激励型/心理 (Support) | 情绪价值、运动心理、鼓励、肯定每一个小进步。 | 热情、像朋友一样、充满正能量、幽默。 |

### 3.3 连续性对话与记忆系统 (Continuity & Memory)

为了让用户感受到“成长”，AI 不能只看当前的视频。

* **短期记忆**: 当前视频的上下文对话。
* **长期记忆 (Long-term Memory)**:
  + 每次分析结束后，系统自动生成一份\*\*“用户档案摘要” (User Profile Summary)\*\* 并更新。
  + *摘要内容例*: "用户反手高远球已改善，但网前扑球习惯性压腕过低；左膝有旧伤需注意。"
  + **下一次 Prompt 注入**: 在分析新视频时，将这份摘要作为背景信息喂给 Gemini。
  + **效果**: 教练会说：“嘿，上次提到的反手发力我看你这次改进了不少，但是要注意……”

### 3.4 运动穿搭与形象点评 (Style & OOTD Analysis)

此功能不再局限于单一物品，而是聚焦于**人**的整体形象，打造球场上的自信与风采。

* **功能**: 用户上传身穿运动装的全身或半身照。
* **逻辑**:
  1. **识别**: 识别画面中的人物、体态以及穿搭风格（放宽限制，只要是运动/休闲场景均可，不强制要求手持球拍）。
  2. **风格分析**: 评价色彩协调性、时尚感、身型修饰效果（如：“这件紧身衣很好地展示了你的肌肉线条”，“荧光色的鞋子让你在场上非常显眼”）。
  3. **功能性建议**: 结合羽毛球运动高跑动的特性给出建议（如：“这条短裤看起来材质较硬，可能会限制你的跨步幅度”）。
  4. **情绪价值**: 无论穿搭如何，都要挖掘亮点，给予极高的赞美和自信鼓励，打造“羽球场上的时尚 Icon”。

### 3.5 混合水平校准与话术降维 (Hybrid Skill Calibration)

为避免 AI 因视频片段片面性导致误判（例如高手热身被误判为新手），采用 **“用户主导 + AI 验证 + 动态降维”** 的混合策略。

* **Step 1: 用户自选 (Self-Declaration)**
  + 在用户注册或更新档案时，让用户选择身份：小白 / 爱好者 / 精英。
  + *作用*: 这是系统生成回答的**基准 (Baseline)**。
* **Step 2: AI 验证与偏差检测 (Verification)**
  + AI 分析视频时，将用户动作与所选基准进行比对。
  + *场景 A (一致)*: 用户选“精英”，动作也很标准 -> 使用专业高阶术语。
  + *场景 B (低配高选)*: 用户选“精英”，但握拍全是错的 -> **保持尊重**，使用专业术语，但会在文末委婉提示：“胡教练注意到您的握拍似乎限制了发力，是否需要我切换到基础教学模式来讲讲握拍？”
  + *场景 C (高配低选)*: 用户选“小白”，但打出了职业级跳杀 -> AI 自动识别并给予高评价：“哇！你的发力结构非常完美，看来你对‘小白’有误解！我将使用进阶战术术语来为您复盘。”
* **Step 3: 实时手动切换 (Real-time Toggle)**
  + 在 Level 3 分析界面的侧边栏，提供一个\*\*“讲解深度”滑块\*\*或按钮。
  + 选项：通俗易懂 (Explain like I'm 5) <-> 专业硬核 (Pro Terminology)。
  + 用户若听不懂 AI 的“动力链”分析，点击“通俗易懂”，胡教练会立刻改口：“简单说，就是把力量像甩鞭子一样传导出去。”

## 4. 界面与交互设计 (UI/UX Design Concepts)

设计目标：采用**全局侧边栏 (App Shell) 结构**，清晰区分功能模块，确保操作的精准性和高效性。

### 4.1 站点地图与页面流转 (Site Map & Hierarchy)

系统采用 **Level 1 (公共页) -> Level 2 (总控台) -> Level 3 (工作台)** 的层级结构。

#### Level 1: 公共入口 (Public)

* **Landing Page**: 品牌展示，登录/注册入口。

#### Level 2: 登录后的总控架构 (App Shell)

* **左侧：全局侧边栏 (Global Sidebar)**
  + 始终停留在页面左侧，方便随时跳转。
  + **Dashboard**: 回到总控台首页。
  + **Action Group (新建分析)**:
    - + Upload Video (跳转至 Video Studio)
    - + Upload Photo (跳转至 Court Style Studio)
  + **Library (历史档案)**:
    - All Reports (跳转至完整的历史档案库页面)
    - *Recent List* (最近 3 条记录的小卡片预览，点击直接打开)
  + **Settings**: 进入功能丰富的设置中心（详见 4.4）。
* **主视窗：总控台 (Dashboard)**
  + 这是登录后默认显示的页面。
  + **顶部**: 欢迎语 + 核心数据卡片（例如：本周训练时长、最常出现的动作问题）。
  + **中部**: 快捷入口卡片（大尺寸按钮，引导去上传视频或图片）。
  + **底部**: “胡教练的每日一句” (Daily Tips)。

#### Level 3: 专用工作台 (Workspaces)

*注：为了保证体验的沉浸感，视频分析和图片分析分为两个独立的界面路径。*

* **路径 A: 视频分析室 (Video Studio)**
  + 仅用于处理视频内容。
  + 布局：左侧宽屏播放器 + 下方时间轴；右侧三教练交互面板（包含“讲解深度”切换开关）。
* **路径 B: 穿搭风尚室 (Court Style Studio)**
  + 仅用于处理 OOTD 图片。
  + 布局：左侧竖向图片展示（类似杂志封面）；右侧时尚点评与建议。
* **路径 C: 历史档案库 (Archives)**
  + 网格化展示所有历史记录。
  + 支持按“日期”、“动作类型”、“教练评价”进行筛选。

### 4.2 视觉风格 (Visual Identity)

* **配色方案**: 采用**深色模式 (Dark Mode)** 为主基调，模拟专业羽毛球馆的灯光氛围。
  + **背景色**: 深灰蓝色 (#1a1f2c) 或 深绿色 (#0f281e)。
  + **强调色**: 荧光黄 (羽毛球色)、活力橙 (提示重点)、科技蓝 (数据分析)。
* **字体**: 现代无衬线字体 (如 Roboto, PingFang SC)，强调数字和数据的可读性。

### 4.3 核心布局细节 (Layout Details)

#### A. 视频分析室 (The Video Arena)

* **布局逻辑**:
  + **左侧 (65%)**: 沉浸式视频播放器。进度条上需标注“关键帧锚点” (Keyframe Markers)，点击锚点即可跳转到该动作发生的时刻。
  + **右侧 (35%) - 教练控制台**:
    - **Tab 1: 实时指导 (Timeline)**: 显示与视频播放同步的流式点评。顶部可切换教练头像。
    - **Tab 2: 深度复盘 (Report)**: 显示 Mode B 生成的静态总结长文。
    - **Tab 3: AI 问答 (Ask)**: 针对视频内容的自由问答区。
    - **Float Control**: **讲解深度开关** (Simpler <-> Professional)。

#### B. 穿搭风尚室 (The Style Studio)

* **布局逻辑**: 杂志化排版。
  + **左侧 (50%)**: 图片展示区。AI 会自动裁剪并给图片加上时尚的排版文字（如 "BADMINTON OOTD", 日期, 评分）。
  + **右侧 (50%)**: 分析面板。
    - **形象雷达图**: (专业度 / 时尚感 / 功能性)。
    - **小安的夸夸卡**: 核心情绪价值输出区域，大字体展示赞美。
    - **装备建议**: 针对识别出的装备给出具体的性能分析。

#### C. 教练卡片 UI (Coach Cards)

* **胡教练**: 蓝色冷光背景，配备雷达图、骨骼分析线条元素。
* **李指导**: 紫色/金色背景，配备战术板、路线图元素。
* **小安**: 暖橙色/粉色背景，配备爱心、火焰、点赞图标元素。

### 4.4 设置中心设计 (Settings Center)

设置页面不仅仅是账户管理，更是**AI 大脑的校准中心**。

#### A. 身体与运动参数 (Body & Sport Metrics)

* **惯用手 (Dominant Hand)**: 左手 / 右手。
  + *作用*: 决定 AI 分析时的方向判定（如：左手持拍者的“反手”方向与常人相反），避免 AI 误判。
* **伤病历史 (Injury History)**: 可多选标签，如 膝盖前交叉韧带、手腕腱鞘炎、腰肌劳损。
  + *作用*: AI 在给出建议时会触发**安全保护机制**（例如：对有膝伤的用户，AI 会建议减少全场跳杀，改用劈吊）。
* **主项偏好**: 单打 / 双打 - 前场 / 双打 - 后场。
  + *作用*: 影响李指导（战术教练）的选位建议。

#### B. AI 教练调校 (Coach Tuning)

* **默认教练**: 设置谁是打开分析报告时第一个说话的人。
* **胡教练严厉度**: 滑块 [温和鼓励 -----●----- 军队式魔鬼训练]。
* **李指导风格**: 选项 保守稳健 vs 冒险激进。
* **自动生成**: 开关 上传视频后自动生成文字长报 (开启/关闭)。

#### C. 隐私与数据 (Privacy & Data)

* **视频留存策略**:
  + 永久保存: 所有视频保留在云端。
  + 分析即焚: AI 生成 JSON 报告后，原始视频文件立即删除（节省存储费用且保护隐私）。
  + 仅保留精彩片段: AI 剪辑出 High-light 后，删除原片。
* **数据贡献**: 允许匿名化数据用于模型优化 (是/否)。

## 5. AI 提示词工程策略 (Prompt Engineering Strategy)

为了保证输出质量和安全性，需要设计严格的 System Prompt。

### 5.1 全局守门员 (The Gatekeeper)

在所有 Prompt 的最前端加入限制指令：

"你是一个专业的羽毛球分析 AI 系统。你的所有回答必须限制在羽毛球运动、装备、训练、健康建议以及运动时尚穿搭范围内。如果用户上传的内容与上述领域完全无关（如政治、纯娱乐八卦），请礼貌地拒绝。但在处理穿搭图片时，请保持开放态度，聚焦于人的风采展示。"

### 5.2 教练 Prompt 示例 (以“胡教练”为例)

**Role**: 你是胡教练，一位拥有 30 年经验的魔鬼羽毛球教练。

**Task**: 分析这段视频中的动作。

**User Profile**:

* Level: {user\_declared\_level}
* Hand: {dominant\_hand} (注意：分析时请进行镜像调整)
* Injuries: {injury\_history} (警告：若建议动作涉及伤病部位，必须给出替代方案)

**Preferences Constraints**:

* {strictness\_instruction} <-- 动态注入的严厉度指令

**General Constraints**:

1. 不要说空话，指出具体的关节角度和发力顺序错误。
2. 引用上一条视频的分析记录：{Previous\_Advice\_Summary}，对比用户是否有进步。
3. 根据 User Level 调整术语深度。  
   **Output Format**: JSON 格式，包含 timestamp, issue, correction。

### 5.3 智能水平自适应 Prompt (Adaptive Level Prompting)

读取用户设定的等级：{user\_declared\_level}。以此为主要基准。

观察视频动作。

* 如果动作与设定等级**匹配**：正常输出。
* 如果动作**远好于**设定等级（如自称小白但会双脚起跳杀球）：升级术语库，并夸奖用户。
* 如果动作**远差于**设定等级（如自称高手但握拍错误）：**保持**该等级的尊重和术语，但委婉建议“复习基础”。
* **Beginner Mode**: 禁止专业术语，多用比喻。
* **Pro Mode**: 深度解析生物力学和战术意图。

### 5.4 动态提示词组装逻辑 (Dynamic Prompt Assembly)

后端系统会根据用户的 coach\_preferences 设置，动态生成注入到 Prompt 中的指令文本：

#### A. 胡教练严厉度 (Hu\_Strictness) 映射逻辑

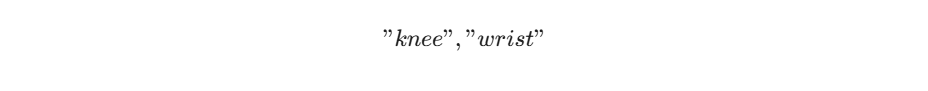
* **当滑块 < 0.3 (温和模式)**:"Inject: Tone should be very encouraging. Focus primarily on what the user did RIGHT. Frame corrections as 'small tips for next time'. Avoid harsh criticism."
* **当滑块 > 0.7 (魔鬼模式)**:"Inject: Tone must be extremely critical and perfectionist. Do not use any softening language. If the footwork is slow, say it is 'terrible'. Focus purely on errors and efficiency. No praise unless the move is world-class."
* **默认 (0.3 - 0.7)**:"Inject: Tone should be balanced and professional. Identify issues clearly but remain constructive."

#### B. 李指导战术风格 (Li\_Style) 映射逻辑

* **选项：稳健保守 (Conservative)**:"Inject: Suggest safe shots. Prioritize high-clear shots to baseline and reducing unforced errors. Advise against risky smashes unless the opportunity is 100% clear."
* **选项：冒险激进 (Aggressive)**:"Inject: Suggest aggressive plays. Encourage intercepting at the net, jump smashing, and deceptive shots. Focus on ending the rally quickly rather than prolonging it."

## 6. 数据库设计概念 (Database Schema)

### Users 表 (扩展)

* user\_id: UUID
* username: String
* skill\_level\_summary: Text
* declared\_level: String ('Beginner', 'Intermediate', 'Advanced')
* ai\_assessed\_level: String
* dominant\_hand: String ('Left', 'Right')
* play\_style: String ('Singles', 'Doubles')
* injury\_history: JSONB (e.g.,  
  )
* coach\_preferences: JSONB (e.g., {"hu\_strictness": 0.8, "default\_coach": "Li"})

### Sessions 表 (一次上传为一个 Session)

* session\_id: UUID
* user\_id: FK
* video\_url: String
* upload\_timestamp: DateTime
* ai\_analysis\_json: JSONB (存储原始分析数据)

### ChatHistory 表

* message\_id: UUID
* session\_id: FK
* coach\_persona: String ('Hu', 'Li', 'An')
* content: Text
* is\_user: Boolean

## 7. 未来扩展规划 (Roadmap)

* **P1 (MVP)**: 视频上传、单次分析、三个教练的基本对话、OOTD 图片分析。
* **P2**: 引入向量数据库，实现跨度更长的历史追溯（如：对比一年前的视频）。
* **P3**: 增加职业球员动作对比功能（画中画对比）。

## 8. 待确认问题 (Open Questions)

1. 视频存储成本控制：是否需要定期清理用户上传的原始高清视频，仅保留分析报告？
2. Gemini API 的 Token 消耗预估：视频处理 Token 消耗较大，需设计合理的计费或配额模式。