

人体姿态监测与数据归档核心流程（含实时计算 + 存储）

一、流程总览

前端实时采集→数据预处理→姿态 / 角度计算→风险等级判定→触发条件校验→知识库归档，全程按“用户 id 分组”贯穿，确保数据归属唯一、可追溯。

二、详细步骤（按执行顺序）

步骤 1：初始化与数据准备（系统启动 / 用户登录时）

1. 后端加载前后端统一枚举 (**State** 姿态枚举、**AgeGroup** 年龄分组枚举、**PostureRiskLevel** 风险等级枚举) 及多姿态角度标准表 (含各年龄组 + 各姿态的腰椎 / 躯干角度范围)；
2. 用户登录后，后端从数据库调取该用户基础信息 (**id/age/age_group/weight/height/ills**)，以 **id** 为核心键建立临时缓存，关联后续计算结果；
3. 初始化“方差最小稳定角度计算器”(腰椎角、躯干倾斜角各 1 个实例)，配置默认参数 (滑动窗口大小 $N=15$ ，方差阈值 $\sigma^2=1.5^{\circ 2}$ ；老年群体自动调整为 $N=20$, $\sigma^2=2.5^{\circ 2}$)。

步骤 2：前端数据实时采集与传输

1. 前端通过传感器 / 骨骼检测算法采集用户姿态相关数据 (如骨骼关键点坐标)，按 10-30Hz 频率实时传输至后端 (需携带用户 **id**，确保数据归属)；
2. 传输数据需包含：用户 **id**、当前时间戳 (精确到毫秒)、原始姿态数据 (如关键点坐标)。

步骤 3：后端数据预处理

1. 数据校验：过滤用户 **id** 不存在、时间戳异常、原始数据缺失的无效请求；
2. 异常值过滤：基于人体生理极限，剔除超范围角度的原始数据 (腰椎角 $\leq 0^{\circ}$ 或 $\geq 80^{\circ}$ 、躯干倾斜角 $\leq -10^{\circ}$ 或 $\geq 40^{\circ}$ 直接丢弃)；
3. 姿态状态初步识别：通过算法解析原始数据，初步判定用户当前姿态状态 (**State**: LIE/STAND/SIT/WALK/RUN)。

步骤 4：方差最小稳定角度计算（核心步骤）

1. 姿态锁定：若当前姿态与上一轮姿态一致，将预处理后的有效角度数据 (腰椎角、躯干倾斜角) 分别传入对应计算器；若姿态切换，清空对应计算器的滑动窗口、均值、方差等参数，重新初始化计算；
2. 滑动窗口维护：计算器按预设窗口大小 N 累积数据，当数据量 $\geq N$ 时，新增 1 组数据则移除最早 1 组数据 (保持窗口长度固定)；
3. 迭代方差计算：采用“迭代式方差公式”($O(1)$ 时间复杂度)，实时更新窗口内角度的均值和方差，提取“方差最小的稳定角度”(腰椎稳定角、躯干稳定角分别计算)；
4. 结果输出：仅当窗口数据量 $\geq N$ 时，输出稳定角度；数据量不足时，暂不进行后续判定。

步骤 5：姿态风险等级判定

1. 基准匹配：根据用户 **age_group** (年龄分组) 和当前 **State** (姿态)，从角度标准表中匹配对应的腰椎 / 躯干角度正常范围；

2. 偏差计算：计算稳定角度与对应正常范围的偏差值（偏差值 = | 稳定角度 - 正常范围内点值 |）；

3. 风险分级：

- 稳定角度在正常范围内 → **PostureRiskLevel=NORMAL** (正常)；
- 稳定角度超出范围，但偏差 $\leq 10^\circ$ (老年群体无腰椎 / 脊柱疾病且无不适时，放宽至 $\leq 12^\circ$) → **PostureRiskLevel=MILD_RISK** (轻微偏差 / 低风险)；
- 稳定角度超出范围，且偏差 $> 10^\circ$ (老年群体 $> 12^\circ$) → **PostureRiskLevel=SEVERE_RISK** (严重偏差 / 高风险)。

步骤 6：记录触发条件校验

仅当满足以下任一条件时，触发知识库存储操作（避免无效重复存储）：

1. 姿态状态切换：当前 **State** 与上一条存储记录的 **State** 不一致（如从 SIT 切换为 WALK）；
2. 风险等级切换：当前 **PostureRiskLevel** 与上一条存储记录的 **PostureRiskLevel** 不一致（如从 NORMAL 切换为 MILD_RISK）；
3. 特殊情况：用户首次传输有效数据（无历史存储记录），直接触发存储。

步骤 7：知识库数据归档（按用户 id 分组存储）

1. 数据补全：整理存储所需字段，包括用户 **id**、**start_time**（当前时间戳）、**state**（当前姿态）、**lumbar_stable_angle**（腰椎稳定角）、**trunk_stable_angle**（躯干稳定角）、**posture_risk_level**（风险等级）、**age_group**（年龄分组）、**ills**（既往疾病）；
2. 历史记录更新：若存在上一条未结束的记录（**end_time** 为 null），先补全其 **end_time** 为当前 **start_time**，并计算 **duration**（持续时长 = **end_time** - **start_time**）；
3. 新记录存储：以用户 **id** 为分组键，将补全后的字段存储到该 **id** 对应的专属数据区块，**end_time** 初始化为 null，**duration** 初始化为 null。

步骤 8：流程循环与异常处理

1. 循环执行：后端持续接收前端数据，重复步骤 3-7，实现实时监测与归档；
2. 数据中断处理：若前端数据中断超过 30 秒（可配置），自动补全当前未结束记录的 **end_time**（中断时间戳）和 **duration**；
3. 姿态异常跳变处理：若连续 3 组数据的姿态状态不一致（如 SIT → WALK → SIT），判定为异常跳变，丢弃中间跳变记录，保留前后稳定姿态的记录。

三、流程关键节点说明

1. 效率保障：稳定角度计算采用 O(1) 迭代算法，单组数据处理耗时 $< 1\text{ms}$ ，支持高频数据流；
2. 数据一致性：所有枚举类型、角度范围、计算参数前后端严格统一，避免解析偏差；
3. 老年群体适配：在步骤 3 异常值过滤、步骤 5 风险分级中，均结合 **ills** 字段调整规则，贴合老年人生理特征；
4. 可追溯性：按用户 **id** 分组存储，每条记录包含完整的时间区间（**start_time/end_time/duration**），支持后续姿态趋势分析与健康建议生成。