01 / 选型结论

一颗果核，两种用法，一套底盘

为客户场景做一台能动的功能主样：保留球面表情与手机 / 电脑控制形态，只新增可拆的双轮载体。

首台选型

立创 ESP32-S3 果核 + 原装 XGO-Rider2（CM5 版）

不用开模，不打新电路板，不重写平衡算法。新开发集中在果核及连接软件。

同一颗球，为什么既能离座又能上车？

01 离座 | 个人控制器

连接手机或电脑；按键、语音由已配对应用接收。离座后不能继续指挥车；联网对话与记忆库是独立功能。

02 上车 | 移动机器人的脸

锁进托座，接短 USB 线；停稳时用球侧键启用底盘，再用手机按住方向键，松手即请求停车。车在动时不用碰球。

为什么选这台，不选最便宜的平衡小车？

A 买到的就是可编程轮足整机

原厂把前进、转向、姿态和电量开放给上层；不用为一次客户演示重新做驱动板，也保留了以后改变腿高、开发跟随的入口。

B 新增重量是首要未知数

原厂给出整机 560 g，不等于允许再装 560 g。公开规格未给出本果核位置的额定附加载荷；称量果核、托座、线缆，用等重假球先过关。

C 首演只承诺可以验证的动作

限定室内平整硬地、近距离、有操作员：前进、转向、松手停车。高速、越障、户外跟随既不列入报价卖点，也不作为本轮通过条件。

原厂依据 整机与原厂架构 轮足运动接口 果核开发板硬件

02 / 市售与开源案例

哪些案例值得借鉴?

比较的是能否在首台沿用已调好的运动能力，而不是芯片跑分。两款为厂商整机，一款是作者公开的开发项目。

01 M5Stack BALA2-Fire（K014-E）

市售双轮自平衡套件 / 经典 ESP32 + STM32 电机底板

Fire 读取六轴姿态及双 N20 电机编码器。官方示例的平衡任务周期设为 5 ms，用姿态、轮速一起修正轮子；这不是对装球后表现的测量。

适合低成本研究“怎么站稳”。该示例给左右电机相同输出，不是现成的差速转向与断线停车接口；首台不选。

厂商规格　官方控制源码

02 MiniWheel V1

开源轮腿项目 / ESP32-S3 + MPU6050

作者公开了五连杆双轮机构控制、手机 BLE 摇杆、线速度 / 角速度接口，以及固件、App、PCB 设计。手机发目标，车上处理运动。

适合学习控制接口与后续自研；项目资料不能证明一套到手可用的商品底盘已在我们的球重、位置和速度下通过测试。

作者项目与硬件目录

03 XGO-Rider2（CM5 版）

选定的市售双轮足整机 / CM5 应用层 + 原厂 ESP32 运动层

原厂列出两个无刷动力轮、两个腿部舵机、姿态闭环，并发布前进、转向、读姿态与读电量接口。把果核接到应用层即可沿用这套底盘。

它比教学小车更接近我们的轮足外形；上层桥接和托座仍需开发。带球载荷、断指令后行为及制动距离不能靠宣传视频判定。

原厂机型与结构　运动 API

结论：先买运动能力，再做差异化

经典 ESP32 和 ESP32-S3 都有双轮实例。首台选 S3 是为了果核的屏幕、双麦和连接，不是因为换成 S3 车就更稳。把开发时间给用户能感受到的交互。

03 / 控制与供电

从按键到轮子，经过哪三层?

手持手机在专用遥控页按住方向，经蓝牙 BLE 发给球；从球到车，全程走短线。手机、无线网络及云端均不在实时平衡回路。

果核 ESP32-S3
产生运动意图

USB >

底盘 CM5
校验、限速、转发

UART >

原厂 ESP32
读姿态、驱动轮腿

反向状态：底盘回报电量和姿态；果核上区分“未启用 / 控制中 / 指令中断”。不能用串口写成功冒充“车已经停稳”。

连接约定

1 果核插哪里?

果核 Type-C → 短数据线 → 原厂 Hub → CM5 的 USB 数据口。用果核板载 CH340K 虚拟串口；逐台确认枚举、收发与供电，不把外观相同的充电口当作数据口。

2 谁拥有控制权?

底盘模式下不控制手机 / 电脑，只接收已配对手机的遥控输入。先用球侧键启用，再按手机方向键。CM5 独占原车内部串口，禁用其他遥控和演示程序；不把果核并接原厂串口。

3 发的不是电机转速

手机按住时每 50 ms 发新序号，松手发零；果核透传源序号、会话、使能、线速度、转向速度和校验，旧指令不可续期。CM5 限速、限加速度，再调 rider_move_x / rider_turn；参数靠实测标定。

4 电从哪里来?

原装电池留在原位。果核首样不装自制电池；测试 CM5 的 USB 在电机启动、屏亮、扬声器工作时是否足以供电。不上双电源、不直取动力电池；供电不合格先静态联调。

两种断线，必须分开处理

① 手机断连、果核拔线或重启：CM5 在末次新鲜遥控指令后 300 ms 内发送前进、转向双零，保持自平衡。
② CM5 程序崩溃或内部串口中断：须验证原厂运动板自身有独立超时保护。重连后仍锁止，需手动重新使能。

原厂接口 | 底盘串口 / 写指令无应答 | 轮足 API | 立创 USB / CH340K

04 / 打样与放行

先挂假球，再决定能否见客户

下面是本项目拟定的低速首样门槛，不是原厂保证，也不是实测结果。满载指装好本果核、托座与线缆，不指底盘极限。

A 先测原车和接口，再下打印单

锁定 SKU、固件与 SDK；实测原车启停、CM5 USB 主机识别果核、电源峰值。向原厂问清附加载荷 / 重心范围及“最后一条速度指令失效”的条件；无载荷资料时仅作受保护测试。

B 称重与试装：裸车 → 等重同重心假球 → 真球

称球、托座、短线与附件总重，测重心相对轮轴的前后、左右偏距和高度；压低并居中，留足腿、轮、散热及电池检修空间。托座止挡 + 束带承力，球罩和 USB 插头不承力。

C 姿态与抗扰：地面贴尺，侧面录像

每种配置静止 3 次 × 60 s：不倒、不持续振荡、漂移 ≤10 cm。保护架内用同位置、同一小幅受控扰动对比三种配置（每组 5 次），记录峰值俯仰及恢复时间；目标 2 s 内回到静止俯仰 ±3°，不触架。

D 启停与故障：分别记录发零、实车停下的时间

平地限速 0.10 m/s，转向 ≤20°/s；直行、转向启停各 10 次。分别松键、断手机蓝牙、拔果核线、停 CM5 转发进程、断内部命令通道（断电布置夹具），各 10 次。目标故障后 1 s 内停止持续行进或转向，前移 ≤15 cm，重连不自行起步。

E 决定能否对客户演示

连续低速运行 10 min，记录温升、电量和复位；低电量按原厂警示结束。任何失衡碰架、失联续跑或电源重启均不放行。独立停机保护未经证明暂只做防跌架演示；切断动力会倒，不等于平稳停车。

首台预算控制 | 人民币，只算硬件和加工

采购上限分配：原装 Rider2（含 CM5、电池）3,100；果核开发板、Hub / 短线等 450；球壳、托座和固定件 450；保护工装、运费及备件 500。合计 4,500，保留 500 机动，硬上限 5,000。

底盘参考用户截图：优惠后 ¥2,537.32、优惠前 ¥3,068。不是本次询价；先核对套餐内容，不把预算上限当作成交价。

给合作方的交付物

一台球核 + 双轮样机、一张接线图、一段带尺启停与拔线视频、一份逐次测试记录。通过后才排下一步：在同一限速接口上加视觉跟随，目标丢失就停车。