ORIGINMIND / ROBOTICS

关节式机器人

使用说明书

六足六连杆机构平台 / Articulated Hexapod Robot



论文研究原型三维模型；产品外观与配置以实物及交付清单为准。[1] 图 3

从开箱检查到受控步态实验

介绍六足六连杆机构的识别、安装前检查、基础调试、运行维护与验收记录，供设备使用人员和技术人员配合实机配置资料使用。

版本信息	内容
文档版本	V1.0｜技术资料版
文档编号	OM-AR-UM-001
编制日期	2026 年 10 月 6 日
品牌 / 编制单位	OriginMind 源灵智能 / 深圳源灵智能科技有限公司

本版依据所提供的研究论文编制。研究原型数据与交付规格分别标注；涉及实机操作时，请同时使用随设备确认的配置与接口资料。

01 / 关节式机器人

适用范围与操作安全

本说明书说明通用操作流程；具体连接、软件入口、参数和故障复位方法由随设备资料确定。

上电前条件 先完成第 10 章的关键配置确认，取得电源与接线信息、驱动映射、校准参数以及可验证的停止方式。缺少其中任一项时，先完成机械检查，不进行上电运动调试。

人员与场地

由了解设备供电、关节运动范围和停止方式的人员操作。首次调试安排一人操作、一人观察与准备停止。选择平整、干燥、防滑且远离台阶边缘的地面；清理线缆与杂物，并根据可能的移动距离设置隔离区域。

运动中的主要风险

风险	操作要求
夹伤与碰撞	连杆、关节与相邻腿之间存在夹点。运行中不触摸腿部，不把手伸入机身下方，不手扶机器人行走。
失去支撑	驱动失能或断电后，机器人可能下沉。检查与调试使用可靠支撑，支撑不得阻挡腿部运动。
电源与电池	只使用已确认兼容的电源或充电器；连接前核对电压、极性和接口。不得带电插拔未经允许的驱动或电源线。
机构卡滞	禁止用强制扳动关节或反复加电来解除卡滞。出现异响、擦碰、过热或意外动作时立即停止。

使用边界

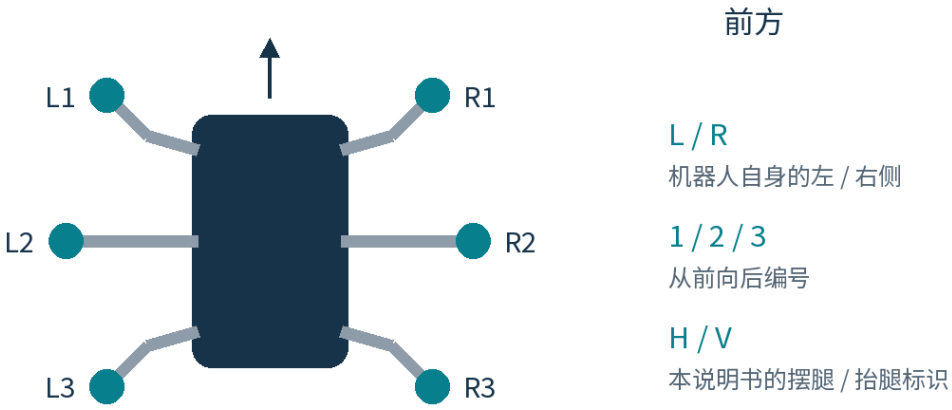
本版操作流程用于受控实验场地。未完成专项验证前，不开展载人、承载贵重设备、楼梯行走、涉水、跳跃或危险环境作业。双足步态属于动态实验，需要在基础调试通过后单独开展。

章节导航：第 2 章认识结构；第 3—5 章开箱与首次调试；第 6—7 章运行和参数；第 8—9 章维护与验收；第 10 章配置记录；第 11 章资料来源。

02 / 关节式机器人

认识机器人与腿部编号

本章约定用于记录的名称，通信地址和关节正方向仍以实机校准表为准。



H、V仅用于说明动作，不是设备通信地址或厂家接口名称。

图 1 本说明书采用的腿编号示意；依据[1] 第 3.4 节重绘。

腿位置	编号	需要登记的驱动
左前 / 左中 / 左后	L1 / L2 / L3	分别记录水平摆腿与抬腿驱动地址
右前 / 右中 / 右后	R1 / R2 / R3	分别记录水平摆腿与抬腿驱动地址
水平摆腿	H（说明用）	地址、正方向、零位、允许范围
连杆抬腿	V（说明用）	地址、正方向、零位、允许范围

左右方向从机器人自身面向前方判断。左、右腿可能采用镜像安装，同一数值方向不一定对应同一空间动作。不得依据外观推测舵机地址或复制另一侧的正负号。

结构识别要点

识别机身承力位置、水平摆腿驱动、抬腿驱动、六连杆、足端和线束。搬运时托住机身承力部位，不提拉足端、连杆或线缆。实验 IMU 的有无与安装方向，以实机配置为准。

六连杆抬腿子机构只有 1 个驱动自由度，不应把机构中的每个转动铰链当成独立可控关节。论文整机每腿使用 2 个主动驱动。

03 / 关节式机器人

开箱与安装前检查

断电完成本章检查；运输损伤或资料不匹配应在上电前解决。

步骤	检查内容	通过条件
1. 清点与识别	核对整机、附件、配套电源、线缆和资料；记录型号、序列号及版本	与订单及随箱清单一致
2. 检查机身	检查上下板、支架、紧固件及承力部位	无明显变形、裂纹和松动
3. 检查六条腿	检查连杆、铰接件、足端和舵机连接件	无断裂、明显偏斜、缺件或脱落
4. 检查线束	检查绝缘、插头锁止、弯折余量和固定方式	无破损；不经过夹点和摆动扫掠区
5. 核对资料	核对电源、接线图、驱动地址与校准表、软件版本	与本机一致且关键项完整
6. 准备支撑	托住机身承力处，保证腿部可在受控范围内活动	支撑可靠、不会倾倒或滑移

安装与调整

按随设备图纸固定可拆装部件，紧固方式和力矩采用对应硬件规定。不得随意改变杆长、铰点孔位、舵盘安装角或腿间距；这些变化会影响运动学、限位和稳定性。

如需安装传感器或载荷，应先确认机身安装孔位、载荷限制、电源余量及重心影响。附加线束不得限制关节行程。新增载荷后重新进行低速动作和停止测试。

开箱记录

记录项	填写
设备标识 / 开箱日期	_____
异常、缺件或外观损伤	_____
照片 / 附件清单编号	_____
检查人 / 处理结论	_____

04 / 关节式机器人

供电、通信与停止功能核验

本章不规定未经确认的电压、针脚、串口号、波特率或网络地址。

上电前核对

断开主电源后，根据随设备接线图核对额定电压、极性、接口和保险 / 保护配置。仅当控制电源与驱动电源的关系已明确时，按规定顺序连接。若配备电池，先检查外观和接头，按电池资料确认可用状态。

建立通信

使用与本机版本匹配的控制软件和配置文件，选择交付资料指定的连接方式。优先确认设备身份、在线驱动列表、软件版本与故障状态；不要通过试发运动命令来猜测通信是否建立。

首次连接时维持已确认的非运动状态。若系统没有单独的驱动禁用功能，应采用交付资料规定的调试方式，并在可靠支撑、腿部净空和停止措施就绪后继续。

需确认的状态	检查结果
设备身份与软件版本	与本机配置记录一致
驱动在线情况	与本机应有驱动数、地址映射一致，无冲突
零位与方向参数	已加载本机校准数据，无来源不明的默认值
当前告警	无阻止运行的故障；不能读取的项目另行实测确认
正常停止与紧急停止	已识别操作位置和停后行为，能够及时执行
通信中断行为	由受控测试确认；不能假定失联自动停止

停止功能测试 在机身可靠支撑、低能量单关节动作和备用断电手段就绪的条件下，由技术人员验证正常停止、紧急停止及失联处理。记录停后是否保持力矩、是否下沉、能否自动重启。未通过前不进行落地行走。

需要充电时，先结束实验并按设备规定退出运行；充电方式、是否需要拆卸电池及充满判断均以配套电池和充电器说明为准。

05 / 关节式机器人

首次启动与基础调试

调试按“单关节—单腿—多腿—落地”的顺序逐步放行，每一步先观察再继续。

阶段	操作与观察	进入下一阶段的条件
1. 载入配置	使用本机经过确认的零位、方向、软限位和启动姿态；机身可靠支撑	无意外动作、地址错配或报警
2. 单关节检查	在已批准的小幅度、低速范围内逐个动作，确认响应关节及方向	12 个驱动映射逐一核对；动作与记录一致
3. 单腿检查	先分别验证水平摆腿和抬腿，再执行保守的单腿闭合轨迹	连杆、线束和足端不干涉；无卡滞
4. 多腿悬空检查	用已验证的三足步态时序低速运行，观察六腿协调	分组和相位正确，相邻腿不碰撞
5. 落地准备	停止动作，按批准流程解除驱动或断电，再由机身承力处搬到试验区域	手与工具离开运动范围后再恢复运行
6. 低速短程行走	先验证站立、短程前进和正常停止；再验证程序已有的其他动作	无拖足、异常偏摆、碰撞及无法停止的问题

校准要求

校准工作由技术人员完成，使用本机规定的机械基准、姿态和工具。不得将“所有关节设为 0°”当作通用回零方式，也不得在未确认安全范围时搜索机械极限。

出现异常时

先执行已核验的停止流程，再根据风险使用紧急停止或断电。等待运动停止并确保机身受支撑后，检查方向、零位、地址、连接和结构。找到原因并消除后，从受影响的最早调试阶段重新验证。

首次调试目标 确认能够正确、可控地移动和停止，不追求论文报告的最高速度。运行步长、抬脚高度和步频采用本机已批准的保守参数。

06 / 关节式机器人

日常运行与步态实验

每次运行都从已验证的基础配置开始，变化的地面或载荷需要重新评估。

一次完整的运行流程

运行前检查结构、足端、线束、供电和场地；确认停止措施有效。按已验证顺序上电并载入配置，进入稳定姿态后，以低速短程动作检查当天状态。确认无异常，再开展计划中的实验。

结束时先发出正常停止指令，等待机器人进入已验证的稳定停止状态；需要驱动失能时先保证机身有可靠支撑，再按交付流程关闭驱动与电源。断开外接线后，由机身承力部位搬运。

情形	建议处理
三足步态	作为基础运行方式；关注支撑足是否滑移、摆动足是否拖地，以及质心与支撑区域的关系。
双足步态	仅在专门验证的程序、参数、保护措施和受控平地条件下实验；不能把任意低步频视为更安全。
切换步态	先用已验证流程停止并回到稳定状态，再启动另一已验证步态。在线动态切换须另行实现和测试。
前进 / 后退 / 转向	只执行当前程序已验证的动作；方向或幅度不正确时，停止并检查映射、相位和参数。
增加载荷或更换地面	从基础调试和短程停止测试重新检查，不沿用空载或其他地面的性能结论。

正常停止、紧急停止与断电

正常停止用于有序结束动作；紧急停止用于异常或危险时尽快进入系统规定的安全状态；断电是切断供能。三者的实际效果不同，失能或断电可能导致机身下沉。不能用关闭窗口、拔通信线或刷新界面代替已验证的停止操作。

恢复前查明触发原因，清理现场并重新检查状态。停止复位不应直接触发继续行走；如实机存在自动恢复行为，应在调试阶段处理后再运行。

07 / 关节式机器人

参数调整与二次开发

以下是控制内容的组织方式，不是已交付的软件 API、命令行或通信协议。

控制流程通常包括：确定动作与步态时序，生成各腿足端目标，利用运动学换算驱动目标，再经驱动接口输出并检查反馈。实际程序结构、接口和支持功能，应以匹配本机版本的开发资料为准。

参数或模型	含义	调整前必须核对
腿与驱动映射	对应哪条腿、哪个动作方向	地址唯一；左右镜像关系正确
杆长与安装参数	决定足端位置和可达区域	与实物一致，单位与坐标系一致
零位、方向与限位	决定驱动输入与实际姿态的关系	已有校准记录，限位避开干涉与危险姿态
步长与抬脚高度	决定足端运动范围	轨迹可达，机构与线束不干涉
周期与支撑比例	决定动作节奏及支撑关系	驱动速度能力、相位、地面接触和稳定性
速度与过渡轨迹	影响冲击和动作连续性	使用本机批准的平滑过渡和速度 / 加速度边界

推荐修改流程

先备份可恢复的程序和配置，明确本次只改哪一项、预期改变什么。完成工作空间、限位与时序检查后，依次进行单腿悬空验证、多腿悬空验证和低速落地验证；通过后再保存新版本。

应记录的数据

记录硬件与软件版本、配置文件、地面、载荷、供电状态、动作参数、运行时间、视频和异常现象。若系统提供关节位置、状态、温度、电压或 IMU 数据，再附上对应记录；不可读项目不得填写为正常。

接口边界 本版不假定支持 ROS 2、Python SDK、C++ SDK、网络控制或 OmindOS。需要集成时，先落实实机驱动协议与停机行为，再形成独立接口说明和验证记录。

08 / 关节式机器人

维护、保管与故障排查

维护前停止、支撑机身并断电；故障排除后应从低风险阶段重新验证。

时机	维护内容
每次使用前后	查看机身、连杆与打印件是否裂损；检查足端磨损、关节松动、紧固件与线束；记录异常。
碰撞、跌落或明显卡滞后	停用并检查结构、舵盘、轴系、传动间隙与校准状态；必要时更换零件并重做校准。
连续实验之间	检查驱动和供电状态，按设备温度限制安排休息；温度不可读时，不凭触感确认可继续高负荷运行。
清洁与存放	断电后使用干燥软布和软刷清理；不用水冲洗，不自行加注润滑剂。防潮、防挤压，电池按厂家存储要求管理。

常见现象与排查顺序

现象	优先检查	处理原则
无法连接或部分驱动离线	供电、连接、地址冲突、通信设置和版本	先停机，再按接线图检查；不猜测针脚
关节反向或姿态突变	驱动映射、正方向、零位与配置版本	停止并支撑机身，核对校准记录
拖足、擦碰或明显偏航	足端磨损、松动、左右参数、轨迹与线束	先排除机械原因，再小幅调整单一参数
振动、异响或频繁停顿	结构刚度、连接间隙、轨迹过渡、驱动与供电状态	降级到基础检查，不用提速掩盖问题
过热、焦味、冒烟或电池异常	电源与电池、驱动负载、短路或机构卡滞	立即停止并按现场应急流程处置，不继续试运行

不能排除的故障应保留日志、视频、配置版本和异常前后的操作顺序，提交技术人员处理。未找到原因前，不反复复位运行。

09 / 关节式机器人

验收与实验记录

验收标准由交付双方事先约定；本页提供记录结构，不以论文峰值替代验收要求。

项目	建议检查方式	记录
结构与清单	按第 3 章检查，核对版本与附件	通过 / 不通过 / 不适用：_____
供电与通信	核对接线、设备身份及在线驱动	_____
单关节与单腿	验证映射、方向、零位、工作范围	_____
基础行走	在约定地面执行低速三足步态前进	_____
其他动作	按约定验证后退、转向等程序已有动作	_____
停止与失联	受控条件下测试停后状态与恢复行为	_____
持续运行	按约定时长、载荷、供电条件观察故障与温度	_____

速度与步态比较

固定地面、设备、载荷和参数，预先规定测量区间是否包含起停。用已知距离和视频 / 计时记录计算平均速度 v＝距离÷时间；需要比较重复性时，在相同条件下重复测试。若使用 IMU 积分，记录采样、偏置校正和算法，并与距离计时结果交叉核验。

记录速度的同时，保留机身起伏、滑移、偏航、停止效果和故障次数。双足步态应单独列为动态实验，不把比三足步态更快作为唯一通过标准。

实验条件	填写
日期 / 人员 / 设备序列号	_____
软件版本 / 配置版本 / 参数	_____
地面 / 载荷 / 供电 / 测量方法	_____
距离 / 时间 / 结果 / 视频位置	_____
异常与处理 / 验收结论	_____

10 / 关节式机器人

实机配置确认表

本表随设备填写和保存。关键配置未确认时，不执行上电运动调试。

项目	实机信息 / 对应资料编号
型号 / 序列号 / 硬件版本	_____
控制器 / 固件 / 上位机版本	_____
电源电压范围 / 极性 / 接口	_____
电源容量 / 保护配置 / 接线图	_____
电池 / 充电器（如有）	_____
通信方式 / 设置 / 协议文件	_____
零位 / 正方向 / 软限位资料	_____
批准的启动姿态与基础参数	_____
停止位置与方法 / 停后状态	_____
失联行为 / 故障复位 / 恢复流程	_____
载荷 / 使用环境 / 传感器配置	_____

驱动映射记录

腿编号	水平摆腿 H 地址	抬腿 V 地址	校准表 / 备注
L1	_____	_____	_____
L2	_____	_____	_____
L3	_____	_____	_____
R1	_____	_____	_____
R2	_____	_____	_____
R3	_____	_____	_____

配置确认人：_____ 日期：_____

本机资料包位置 / 文件校验信息：_____

11 / 关节式机器人

参考资料与文档管理

使用说明与配置资料应共同维护；硬件、软件或安装方式变化后，应重新核对适用性。

编制依据

[1] Jiawang Ma, Guanlin Qiu, Weichen Guo, Peitong Li, Gan Ma. Design, Analysis and Experiments of Hexapod Robot with Six-Link Legs for High Dynamic Locomotion. Micromachines, 2022, 13(9): 1404. DOI: 10.3390/mi13091404.

论文链接：https://doi.org/10.3390/mi13091404

原论文及其插图：© 2022 the authors，CC BY 4.0（https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/）。本册原图仅作裁切与尺寸调整；重绘示意图在图注中另行标明。

本册新增文字与版式：© 2026 OriginMind 源灵智能。上述声明不改变原论文及引用图的许可。

内容对应关系

手册内容	依据与性质
六足布局、腿机构和驱动方式	依据[1] 第 2 节及图 1—3 整理。
腿编号、三足与双足步态	依据[1] 第 3.4—3.5 节整理；编号图为说明性重绘。
研究原型的性能与限制	依据[1] 第 4 节；详细数值见配套产品手册。
检查、调试、维护与记录表	针对该结构整理的通用操作流程；尚未以本次交付实机完成核验。
电气、软件与接口具体信息	需由本机资料补齐；本版不据论文推定。

版本记录

版本	日期	说明
V1.0 技术资料版	2026 年 10 月 6 日	首次编制；统一名称，加入操作流程、配置表及论文来源。

技术支持时提供的信息

请准备设备型号与序列号、硬件与软件版本、配置文件、异常现象、复现步骤和相关照片 / 视频。技术支持与保修范围按交付文件约定。

配套文件：《关节式机器人产品手册 V1.0》。本文档中的 V1.0 表示文档版本，不表示控制程序或硬件已完成 V1.0 发布。