

文档版本 Ver 1.0

修正日期 2020/6/1

MOCO-12 Pro 组装教程文档

1. 简介

MOCO-12 Pro 是一个 12 自由度舵机缩比机器人模型，其原型来自于伊利诺伊大学厄巴纳大学丁博士的电驱动四足机器人，该机器人造型帅气而且体积十分小可以完全作为桌面级的机器人平台，单腿电机设计也采用了类似 MIT 那种三关节+连杆集成在跨关节的方式，整体机械结构的集成度十分高，原始机器人采用了 MPC 控制算法可以说是与 MIT 机器人能相媲美的一个四足机器人，我们提供的缩比模型在整体结构上较好地模仿了原型结构设计，采用连杆作为主机架，考虑舵机执行器安装对部分结构进行了修改。

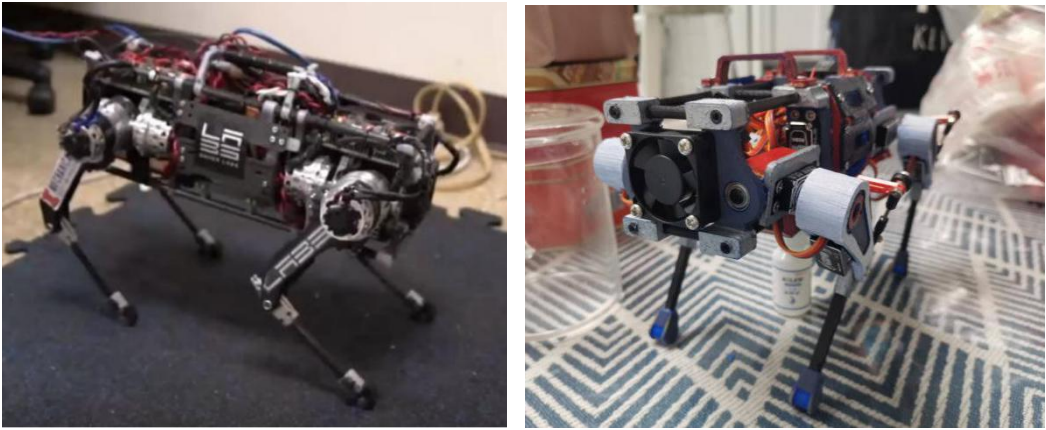


图 1 机器人原型与缩比模型

MOCO-12 Pro 缩比模型整体尺寸很小，内部空间仅能放置 MOCO 通用控制器机身比例协调相比其他舵机机器人在美观程度上大大提升，受限于本体体积机载电池容量较小，但可通过外部实时供电的方式实现长时间活动，缩比模型主要参数如下所示：

表 1 缩比模型主要参数

项目	说明	备注
机器人长度	0.119 m	髋关节距离
机器人宽度	0.342 m	髋关节距离
侧摆电机偏距	0.028 m	
大腿长度	0.0565 m	
小腿长度	0.065 m	

整机重量	300 g 左右	包含电池
大腿活动范围	-45° ~145°	
小腿活动范围	25° ~155°	
侧摆活动范围	-35° ~34°	
电池容量	1000 mAh	8.4V
外部供电	尾部 2P 端子	8.4V 输入
		二极管 1.2V 降压
标配舵机	GDW9G 舵机	180°

2. 详细物料

MOCO-12 Pro 主要物料包括本体 3D 打印结构件、MOCO 控制器、螺丝螺母、舵机、风扇、舵机连杆、机架碳管、电池、供电端子、外部电池盒等，具体物料明细如下（黄色为可选）：

表 2 结构件 BOM 表

项目	说明	数量
大腿结构件	3D 打印	4
小腿杆	3D 打印	4
足底	3D 打印	4
足底缓冲	手工裁剪	4
小腿连杆固定件	3D 打印	4
舵机连杆	M2 孔拉杆 40~55mm 10mm	4
	https://item.taobao.com/item.htm?spm=a1z09.2.0.0.67002e8d56SfjN&id=558865737444&_u=21klsj899579	
侧摆电机固定件	3D 打印	4
主机架固定件（前后）	3D 打印	2
主机架固定件（中部）	3D 打印	2
主机架碳管	4mm 外径 *1m （18 cm 切割长度）	1

https://item.taobao.com/item.htm?spm=a1z09.2.0.0.67002e8d56SfjN&id=576541682770&_u=21klsj896710

尾部供电结构件	3D 打印	1
腹部支撑结构件	3D 打印	4
侧挡板 1	3D 打印	2
侧挡板 2	3D 打印	2
控制器安装结构件	3D 打印	1
风扇	3 cm 边长 5V	1

https://detail.tmall.com/item.htm?id=610677260477&spm=a1z09.2.0.0.67002e8d56SfjN&_u=21klsj8951a5

顶部把手	3D 打印	2
金属法兰	内径 5mm 外径 10mm 厚度 4mm	8
电池仓	3D 打印	1
开关固定	3D 打印	1

表 3 螺丝螺母 BOM 表

项目	说明	数量
M3*3 螺丝	大腿舵机固定	4
M3*18 螺丝	大小腿关节固定	4
M2*10 螺丝	大小腿拉杆固定	8
M2.5*5 自攻螺丝	机架碳管固定	8
M3*10 自攻螺丝	尾部供电固定	4
M3*15 自攻螺丝	风扇供电固定	4
M3*4 螺丝	小腿舵机摇臂固定	4
M3 自锁螺母	\	4
M2 自锁螺母	\	8

表 4 电气件 BOM 表

项目	说明	数量
舵机	RS0708 舵机 180°	12
	https://item.taobao.com/item.htm?spm=a1z09.2.0.0.67002e8d56SfjN&id=606507148104&_u=21klsj8919ea	
开关	https://item.taobao.com/item.htm?spm=a1z09.2.0.0.67002e8d56SfjN&id=42709116344&_u=21klsj89c9d0	1
机载电池	2S 1000mAh	1
	https://item.taobao.com/item.htm?spm=a1z09.2.0.0.67002e8d56SfjN&id=582960890486&_u=21klsj899844	
外部 18650 电池	3200mAh 平头	2
	https://item.taobao.com/item.htm?spm=a1z09.2.0.0.318c2e8d786Yq5&id=525673507438&_u=21klsj89f510	
二极管降压模块	https://item.taobao.com/item.htm?spm=a1z09.2.0.0.67002e8d56SfjN&id=18725756513&_u=21klsj8900c8	1
机载电池充电器	https://item.taobao.com/item.htm?spm=a1z09.2.0.0.67002e8d56SfjN&id=538620371117&_u=21klsj89eb4b	1
18650 电池充电器	双充电	1
	https://detail.tmall.com/item.htm?id=566327575224&spm=a1z09.2.0.0.318c2e8d786Yq5&_u=21klsj89b16e	
线缆	4P 双头	\
	https://item.taobao.com/item.htm?spm=a1z09.2.0.0.67002e8d56SfjN&id=528691263571&_u=21klsj897b3f	
端子连线	2P 公母头	\
	https://detail.tmall.com/item.htm?id=574484456267&spm=a1z09.2.0.0.67002e8d56SfjN&_u=21klsj895c24	
18650 电池盒	18650 电池盒 2 节带开关	1

https://detail.tmall.com/item.htm?id=552736465061&spm=a1z09.2.0.0.318c2e8d786Yq5&_u=21klsj8992b4

表 5 控制 BOM 表

项目	说明	数量
MOCO 控制 器	\	1
Micro USB 线	OCU 上位机连接用	1
下载器转接 模块	可选	1
STlinkV3+TTL 串口	STlink 可选 https://item.taobao.com/item.htm?spm=a1z09.2.0.0.67002e8d56SfjN&id=597042583224&_u=21klsj8977cb	1
USB 转接板	\	1
遥控器	北通深夜版 https://detail.tmall.com/item.htm?id=38896089959&spm=a1z09.2.0.0.67002e8d56SfjN&_u=21klsj8918f8	1
舵机调试模 块	https://item.taobao.com/item.htm?spm=a230r.1.14.131.1b301b7abU5aC9&id=614865935834&ns=1&abbucket=19#detail	1

表 6 工具类 BOM 表

项目	说明	数量
十字螺丝刀	\	1
尖嘴钳	\	1
502 胶水	\	1
锯子	\	1
焊接工具	\	1

剥线钳	\	1
绝缘胶带	\	1
胶枪	\	1
上色工具	高达涂装笔	1
https://item.taobao.com/item.htm?spm=a1z09.2.0.0.67002e8d56SfjN&id=591467609648&_u=21klsj8980e8		

3. 电气连接

MOCO-12 Pro 电气部分连接主要包括供电与主控的连接、舵机与主控的连接、以及其他模块与主控的连接，推荐的电气连接方式如下图所示：

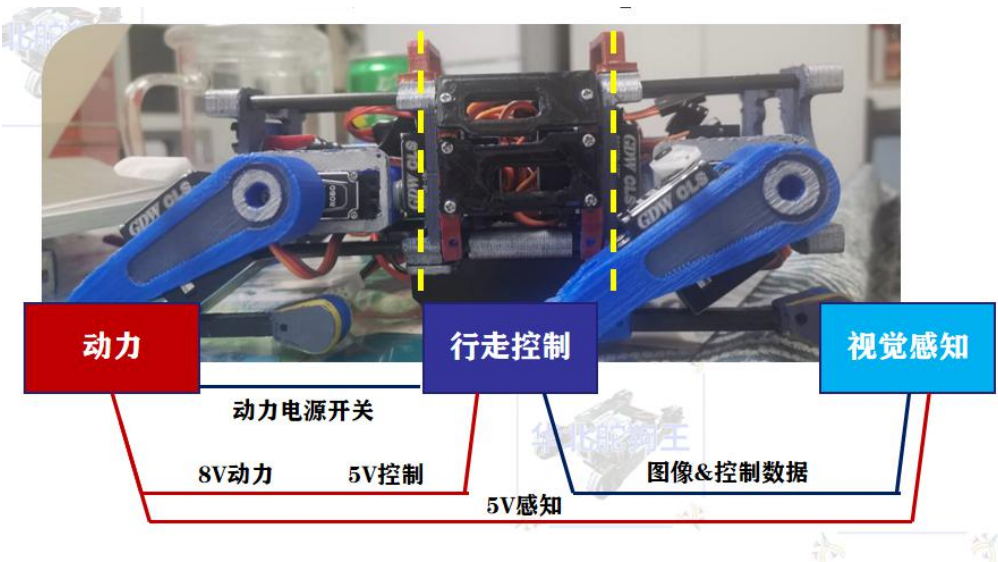


图 2 电气总体布局

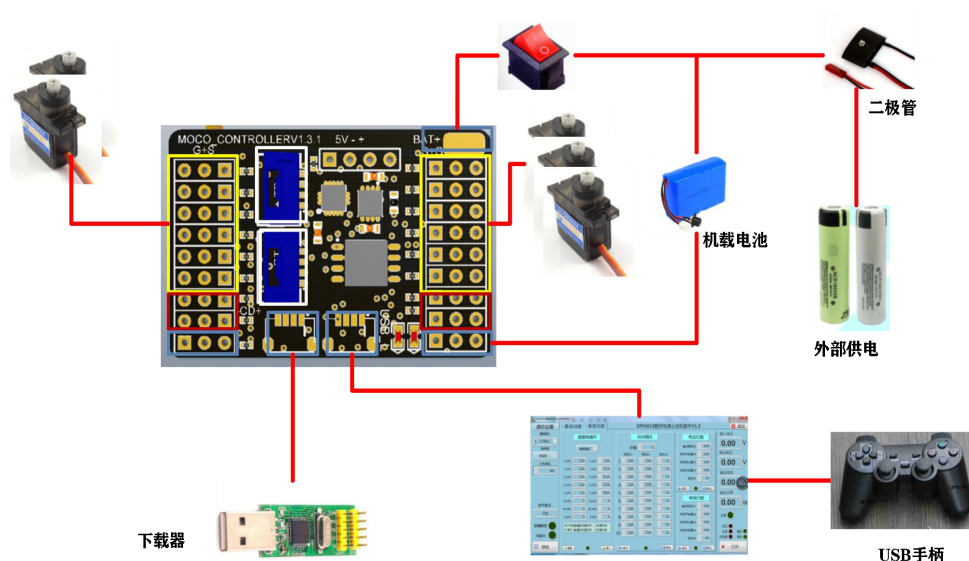


图 3 推荐连线

如上图所示的推荐连线，首先各舵机依据腿号与对应 PWM 口连接，通过 SWD 口下载和更新固件，USB 口通过转换板与 PC 上位机连接，PC 同时接入遥控器控制机器人；供电部分机载电池直接与总开关连接，外部供电 18650 电池安装与串联电池盒通过二极管降压模块降低电压减少长时间工作舵机发热后与总开关连接，总开关正负极与控制板焊盘或者引出的电源线连接，主控供电则从开关前直接从电源引出一路杜邦线连接供电引脚，避免开关关闭主控无法供电。

4. 组装与调试教程

MOCO-12 Pro 组装的过程可以分为结构上色、主控焊接、主控安装、单腿组装、机架单腿组装、机架固定、装饰件安装与电气连接几个步骤，各步骤具体过程如下：

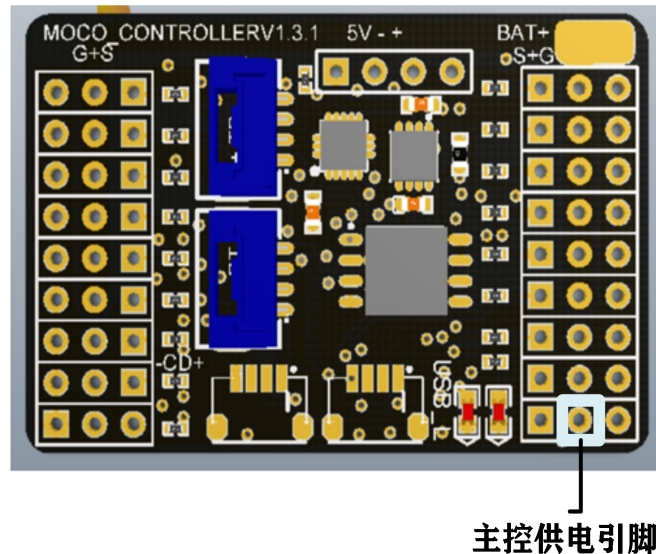
4.1 结构件上色

对 3D 打印结构件进行打磨、抛光并采用高达涂装笔或者喷涂工具对结构件上色；

4.2 主控焊接与安装

（1）焊接机器人 JST 母头+与总开关；

- (2) 焊接外部电池盒+输出与二极管+, 焊接二极管+与外部供电 JST 公头+, JST 公头-与电池盒-焊接;
- (3) 焊接总开关与主控供电焊盘+, JST 母头-与主控焊盘-连接;
- (4) 单独从 JST 供电头引出一路电源+并使用 2.54 杜邦头连接主控供电引脚;



- (4) 使用胶枪或 3M 胶把主控固定在控制器固定件上, 并将其卡入机架碳管;

4.3 单腿组装

- (1) 将舵机固定在大腿上并拧入螺丝固定;
- (2) 将小腿杆与小腿固定件和足底组装, 并用螺丝与大腿组装;
- (3) 将舵机与侧摆固定件组装并拧入螺丝;
- (4) 裁剪单臂舵盘使用 502 胶水固定在大腿和侧摆固定件对应凹槽处;
- (5) 使用上位机输出复位角度(舵机偏差均为 0), 依据单腿坐标系与复位角度粗略组装大腿与侧摆舵机, 拧入螺丝固定大腿;
- (6) 采用相同方法复位小腿舵机并安装舵机摇臂, 最好用螺丝固定;
- (7) 裁剪小腿舵机摇臂多余部分并使用电钻或其他钻孔设备扩张最外侧的圆孔;
- (8) 使用拉杆连接大小腿并拧上自锁螺母;

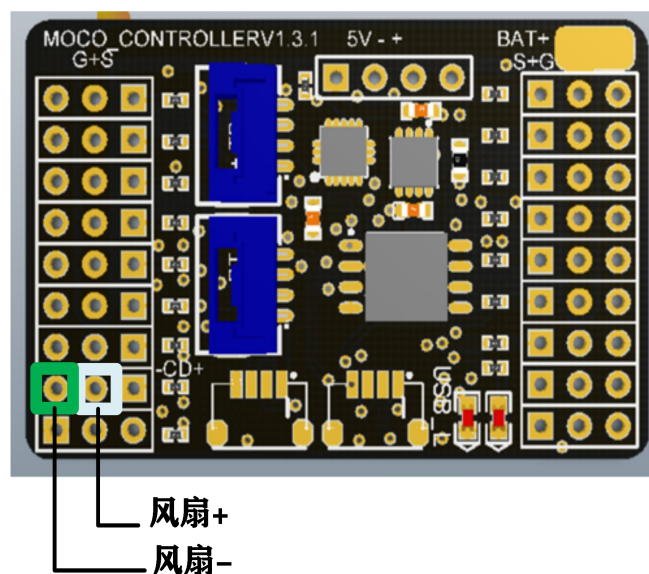
(9) 使用同样方法组装其他腿；

4.4 单腿与机架组装

- (1) 将法兰安入机架前固定件的圆槽处；
- (2) 将侧摆舵机安装在中部固定件；
- (3) 用上位机或舵机调试模块复位侧摆舵机并将单腿部分组装；
- (4) 将碳管插入机架固定件边缘四个孔中；
- (5) 依次安装各固定件、主控固定件和另外一侧单腿，安装主控时注意机头朝向；
- (6) 调节尺寸保证侧摆部分牢固、侧摆舵机间隙小、摩擦小；
- (7) 将多余碳管截去并打磨末端；

4.5 机架与装饰件组装

- (1) 安装底部电池盒，拧入机架固定螺丝；
- (2) 安装顶部扶手，拧入机架固定螺丝；
- (3) 依据舵机关节关系连接舵机，并整理走线；
- (4) 安装腹部支架并固定装饰挡板；
- (5) 安装风扇与尾部供电固定件；
- (6) 连接风扇正负与主控引脚；



4.6 机器人配置与调试

- (1) 上电测试
- (2) 运动学测试
- (3) 伪逆测试
- (4) 摆动测试
- (5) 平衡逆解测试
- (6) 平衡伪逆测试与姿态参数调节

4.7 机器人遥控测试

- (1) 遥控器通道映射与状态切换逻辑
- (2) 遥控测试与参数调节

5. 机器人的二次开发与无线控制

5.1 无线遥控

如需要对机器人进行无线遥控需要购买串口无线数传模块并与主控上串口 1 端子连接（默认波特率为 115200），此时连接上位机仍然可以通过遥控和键盘发送命令但相关数据和标定功能受通讯带宽影响会被屏蔽或简化，具体功能如下表所示：

表 6 无线通讯时上位机功能

功能	说明
遥控	支持
主界面	仅显示姿态、速度和基础信息，且频率下降
传感器标定界面	
向导界面	不支持
执行器标定界面	不支持
测试界面	不支持
控制界面	支持部分功能

5.2 二次开发（底盘模式）

主控的二次开发接口同样为串口 1（默认波特率为 115200），通过连接树莓派或其他控制器能将机器人当做移动底盘基于 SDK 完成对本体速度、姿态与步态模式的控制，具体通讯协议如下：

表 6 速度控制命令

功能	说明
遥控	支持
主界面	仅显示姿态、速度和基础信息，且频率下降
传感器标定界面	不支持
向导界面	不支持
执行器标定界面	不支持
测试界面	不支持
控制界面	支持部分功能
参数调节界面	支持

5.3 二次开发（步态算法模式）

同样可以对主控步态进行二次开发，其需要使用 USB 连接主控，基于我们提供的开源 Python 程序完成对底层主控参数的读取，通过在 PC 机上计算控制命令并实时下发的方式进行四足机器人步态控制算法的研究，目前该功能仍在开发中；

6. 存在的问题

- （1）大腿角度过高时会卡在腹部保护机架处；
- （2）小腿足底设计待优化，无足底传感器；

- (3) 大腿结构件在舵机长期发热后变形；
- (4) 主控安装位置较深，PWM 连线与更换麻烦；