

第三版灵巧手技术说明

一、 产品介绍

灵巧手采用钨丝腱绳驱动与超高分子量聚乙烯绳被动驱动组合方式, 实现刚柔耦合驱动结构。整体结构包括腱绳系统、16 个驱动、以及基于关节扭簧的手指复位结构。整机负载能力达 10kg, 自重控制在 0.6565kg, 具备良好的力量与重量比。

手指部分采用指尖触觉传感器和末节压力检测系统, 四指单指最大压力为 26N, 拇指为 30N。各手指关节最大运动速度可达 $120^{\circ}/s$, 响应迅速。通讯方面支持 RS485 与 EtherCAT 双协议, 满足工业实时控制需求。

加工工艺上, 手掌安装板及电机驱动组件使用铝合金 CNC 精密加工, 保证强度和装配精度; 手指组件及外壳结构件则采用尼龙材料进行 3D 打印制造, 兼顾轻量化与复杂结构成型能力。驱动单元选用空心杯总线伺服舵机, 具有高扭矩密度和快速响应特性。

自由度分配方面, 灵巧手共设计有 16 个主动自由度 + 4 个被动自由度 + 手腕 1 个主动自由度。其中大拇指拥有 4 个主动自由度, 其余四指每根为 3 个主动自由度+1 个被动自由度。单指左右活动角度范围为 $\pm 30^{\circ}$, 指尖指节因耦合装配限制被动弯曲角度不超过 75° , 第二与第三指节各自最大弯曲角度为 90° , 但受结构干涉影响无法同时达到极限位置。大拇指底座可绕中心旋转 120° , 手腕前后摆动角度亦为 $\pm 30^{\circ}$ 。

二、灵巧手外观及结构规格

2.1 单指结构设计

单指手指采用了尼龙材质 3D 打印，关节处结构则用轴承结构件连接，其中指尖指节安装了指尖传感器，第二指节和第三指节安装了钨丝绳作为主动自由度的驱动腱绳。其结构三维设计如图 2.11 所示：

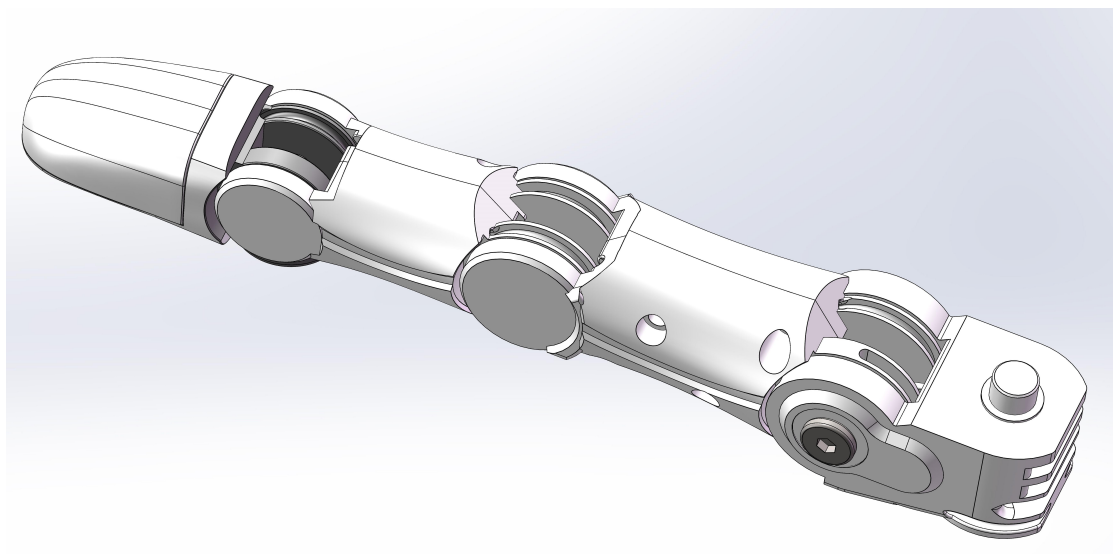


图 2.1 1

单指指尖和第二指节弯曲耦合活动角度同步最大为 90 度，，第三指节弯曲角度为 90 度， 示意如图 2.12 所示：

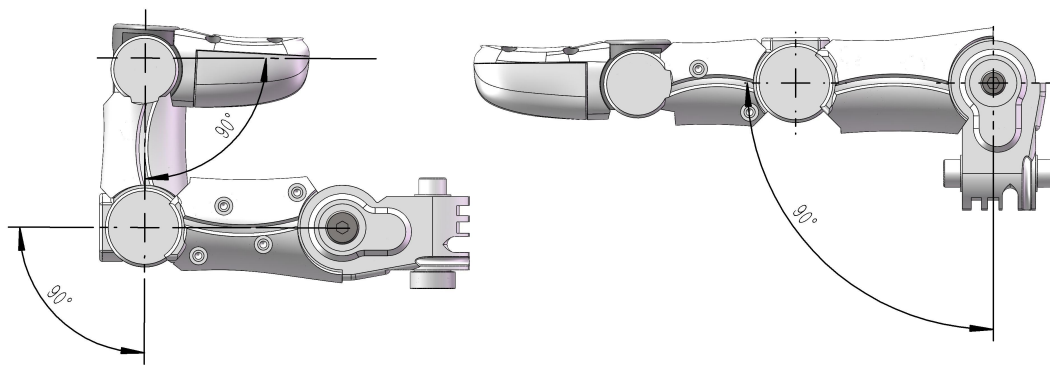


图 2.12

单指左右活动角度最大为 30 度，如图 2.13 所示：

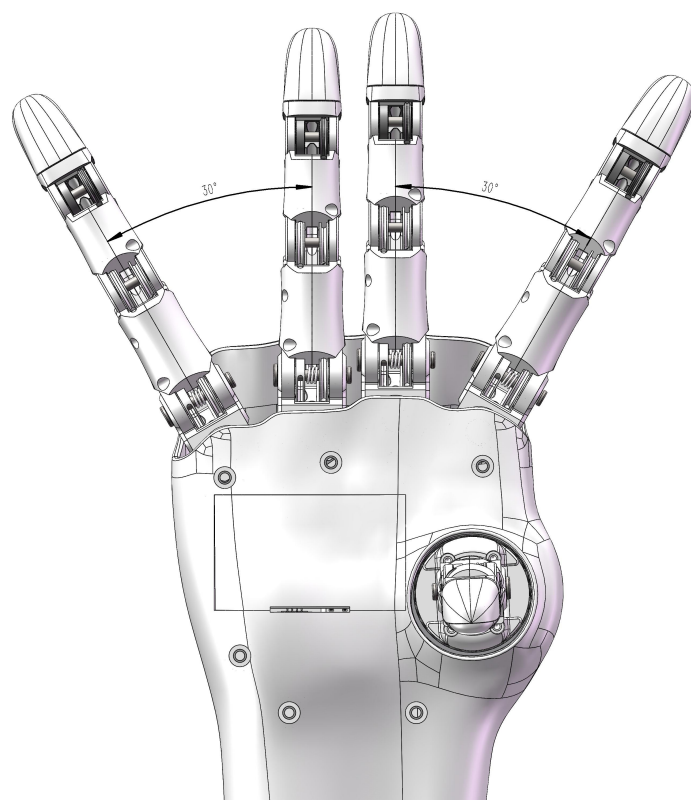


图 2.13

大拇指座活动角度为 120 度，大拇指左右活动角度各为 30 度，如图 2.14 和图 2.15 所示：

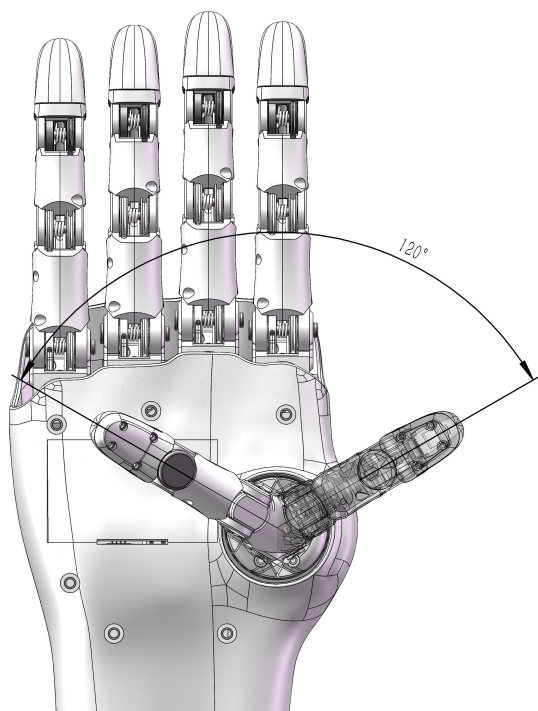


图 2.14

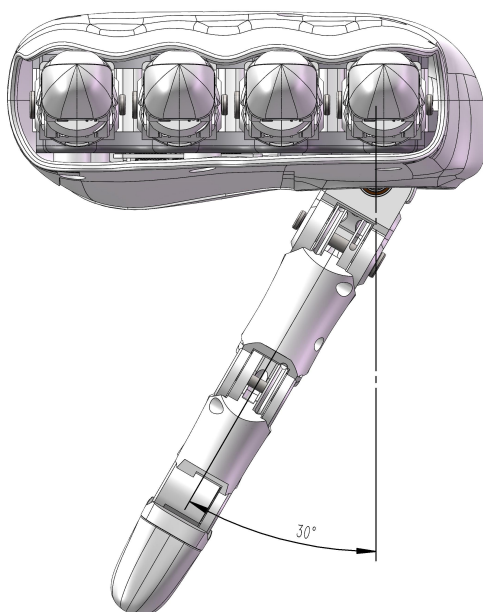


图 2.15

手指驱动原理主要通过腱绳固定在手指内的销轴通过相对应的走线路径连接到电机驱动滚轮上，通过电机滚轮收放驱动手指指节弯曲。指尖的被动驱动则是用超高分子量聚乙烯绳连接指节和第三指节的销轴耦合，通过驱动第二指节带动指尖弯曲。

第三版绳驱灵巧手采用了强度、高柔韧性的钨丝绳作为驱动腱绳材料，提高了单指的负载能力及指节动作的寿命，并添加了低摩擦的涂层进一步提高了其使用寿命。另外钨丝腱绳长时间使用后其材质本身的伸长率相比较超高分子量聚乙烯绳也有显著降低，减小了腱绳长时间使用后其伸长率对绳驱手定位精度的影响。

2.2 灵巧手结构设计

灵巧手三维设计外观如图 2.21 所示,：



图 2.21

手掌内部有铝合金加工的安装版固定手指组件，中间有 3D 打印件内部穿聚四氟乙烯管用钨丝腱绳走线，手指关节安装了扭簧用以手指动作的弹性复位。

其手势动作效果如图 2.22 所示：

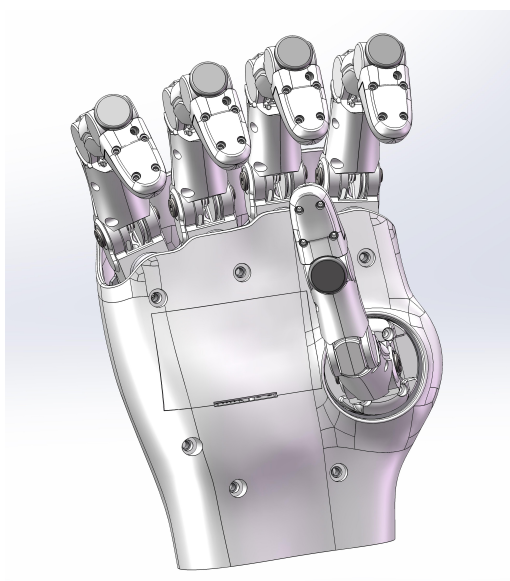


图 2.22

灵巧手通过独立驱动的多组腱绳，实现了各手指第二第三关节的独立运动，支持 16 个主动自由度的协同工作，能够实现握、抓、捏等多种手势动作，能应用在工业自动化、医疗、科研等多个领域。

2.3 灵巧手手臂驱动组件设计

灵巧手手臂组件三维设计效果如图 2.31 所示：



图 2.31

其外观尺寸如图 2.32 所示：

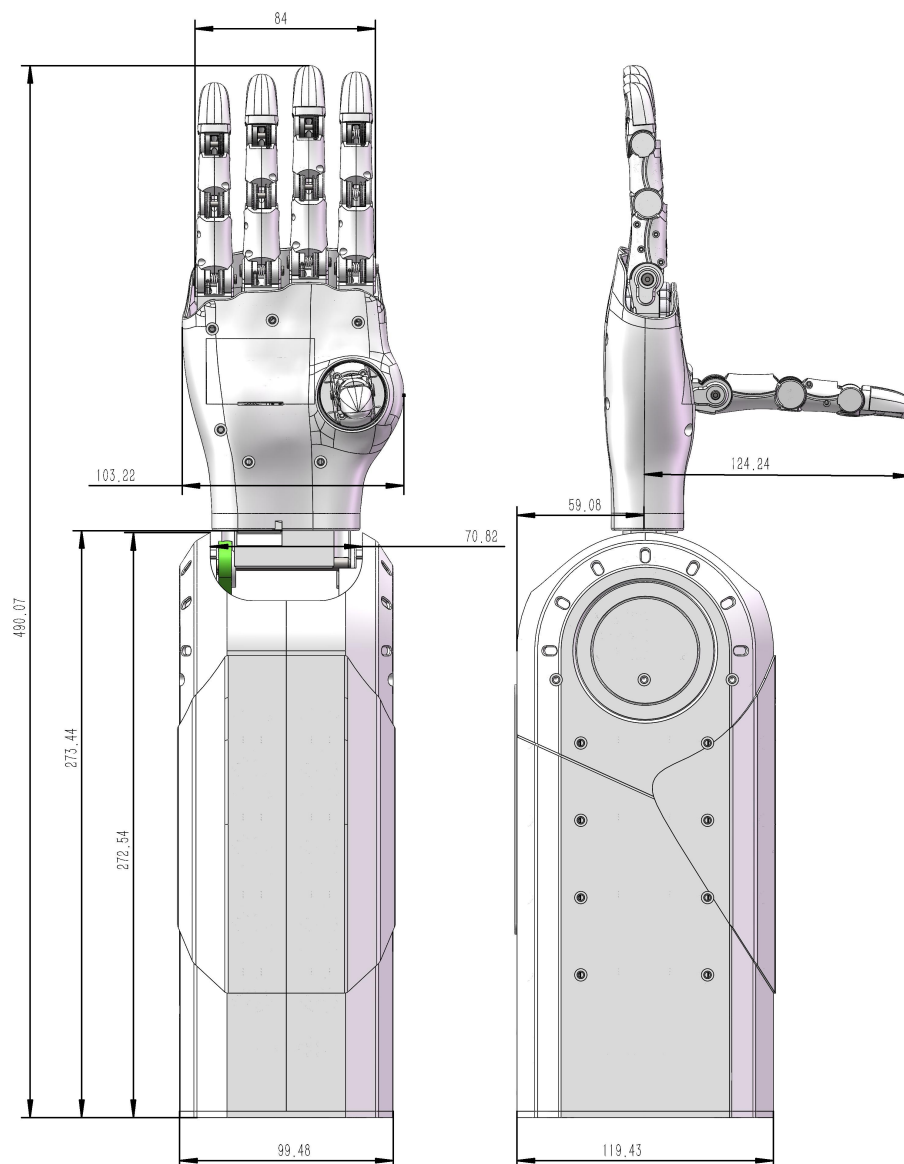


图 2.32

2.4 传感器系统

第三代灵巧手 装有帕西尼压力传感器，具体参数如下。

参数	规格说明
测量输出	表面三轴分布力与合力
尺寸(mm)	20x15x10
阵列测点数量	52
测量量程	法向 Fz: 0~26 N (拇指 30N)

	切向 Fxy:± 10 N S
测量精度	1% FS
最小识别力	0.1 N
输出频率	83.3 Hz
安全负载	200%
寿命	1000 万次
工作电压范围	3~5V
最大工作电流	150 mA

三、 安装与调试

3.1 配件清单

安装灵巧手前，先检查配件是否全。

序号	名称	数量	图片
1	USB 线	1	
2	电源适配器	1	
3	电源线	1	

3.2 软件调试介绍

3.2.1 调试线连接

使用 USB 线将灵巧手通过 USB 线与调试 PC 连接，将电源线与电源适配器插好后，另一端插到 AC220V 插排上；

3.2.2 上位机软件使用前说明

- 1)解压压缩包 安装《驱动及 vc 安装》里的驱动程序；
- 2)执行 CableDriven.exe；

3.2.3 系统主页

系统主页如下图 3.1 所示。



图 3.1

3.3.4 通讯设置

通信设置用于配置控制终端与灵巧手的通信参数以及指尖传感器的通讯参数。可通过下拉菜单选择端口号，确定通信通道；波特率默认 115200，能按需调整数据传输速率；数据位默认 8 位，可按需设定字节有效位数；停止位默认 1 位，用于标志数据传输结束；校验位默认无，也可选奇、偶校验等保障数据准确。“搜索”可自动查找可用端口，“打开”则依据设置参数建立通信连接。 如下图 3.2 所示：



图 3.2

点击搜索，会搜索当前存在的串口号



图 3.3

点击打开，会弹出串口已打开的弹窗提示



图 3.4

点击关闭，会弹出串口已关闭的弹窗提示



图 3.5

在串口已打开的前提下 点击搜索，会弹出串口已关闭的弹窗提示

3.2.5 手指控制

参数选择与设置:

全选功能: 点击“全选”可快速选中所有手指关节, 便于统一设置参数。

物理量选择: 可勾选位置、速度、扭矩等物理量进行设置。选定后, 对应手指关节可设置相关数值, 如速度设为 160, 扭矩设为 400。

单个关节参数设置: 针对关节、拇指 a b c、食指 a b c、中指 a b c、无名指 a b c、小指 a b c, 可分别设置各物理量数值, 还能通过滑动条直观调整位置参数。

功能按钮:

发送: 发送选中手指以及对应参数的控制指令。可通过勾选手指的顺序来进行按顺序发送。

存点与发存: “存点”能保存当前关节参数状态并自定义文件名将其记录在根目录下的 points 文件夹下, “发存”可调用并发送已保存的参数设置。如下图 3.6 所示。

开启扭力与关闭扭力: “开启扭力”可让所有关机电机使能, “关闭扭力”可让所有关机电机失能。



图 3.6

3.2.6 动作组合指令

打开方式：点击上方菜单的调试，可找到动作设置



图 3.7

该界面用于管理和设置灵巧手的多种动作模式，具体功能如下：

动作参数设置：针对每个动作（动作一至动作十），可通过下拉菜单选择指令（如 order1、order2 等），并设置相应的时间间隔（如 500ms、1000ms、1500ms、2000ms）。这些指令和数值组合起来，精确控制灵巧手在该动作模式下各关节的运动参数和执行顺序。

动作设置操作：点击“设置”按钮，可确认并保存当前动作的参数配置。

动作按钮：使灵巧手按照设定的参数执行相应动作。



图 3.8



图 3.9

3.2.7 初始定位

打开方式：点击上方菜单的调试，可找到初始定位



图 3.10

该界面用于设置重新校准绳长，如下图 3.11：



图 3.11

3.3 传感器介绍

3.3.1 指尖传感器

点击连接 可找到指尖传感器通讯连接 如图 3.12，点击搜索，找到正确的传感器串口后点击打开，即可完成传感器串口连接。点击菜单栏传感器可打开传感器页面如图 3.13。



图 3.12

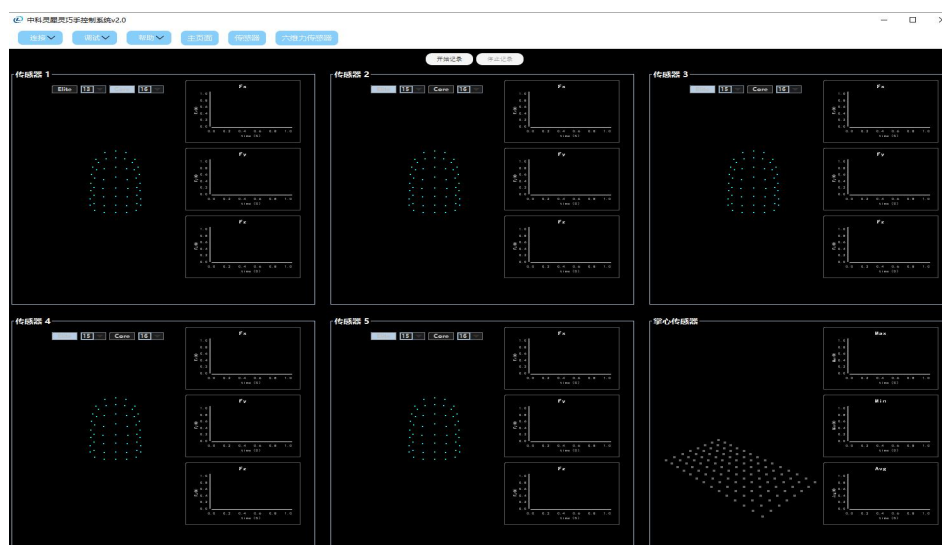


图 3.13