

青龙全尺寸通用人形机器 人硬件开源内容

目录

1 产品介绍.....	1
1.1 特点.....	3
2 技术参数.....	7
2.1 总体参数.....	7
2.1.1 自由度配置.....	9
2.1.2 关节运动范围.....	11
2.2 机动性能.....	14
2.2.1 作业能力.....	15
2.3 感知能力.....	15
2.3.1 感知头.....	15
2.3.2 感知体：.....	15
2.3.3 感知手：.....	15
2.4 作业能力.....	15
2.5 交互能力.....	16
3 核心部件.....	16
3.1 关节参数.....	16
3.2 电机伺服控制器.....	16
3.3 动力电池组：.....	17
3.4 运动控制计算机.....	17
3.5 激光雷达.....	18
3.6 补盲相机.....	18
3.7 全景相机.....	20

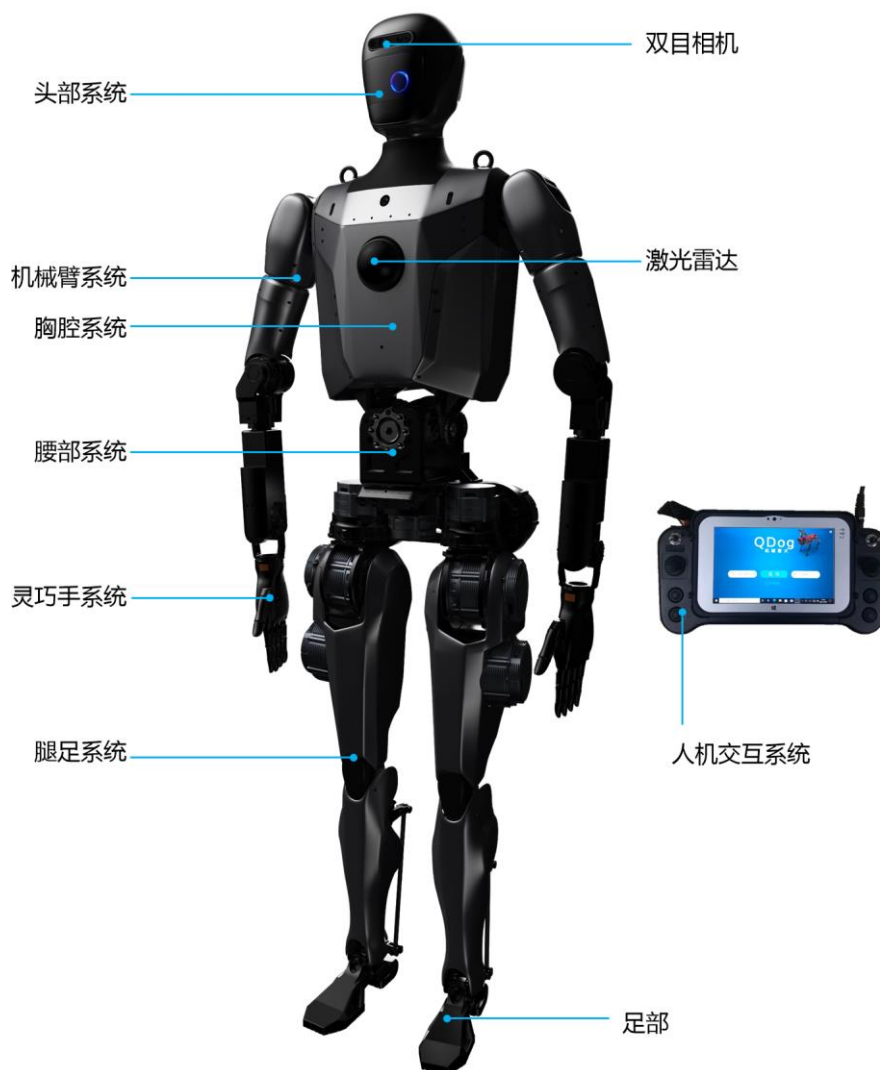
青龙全尺寸通用人形机器人硬件开源内容

1 产品介绍

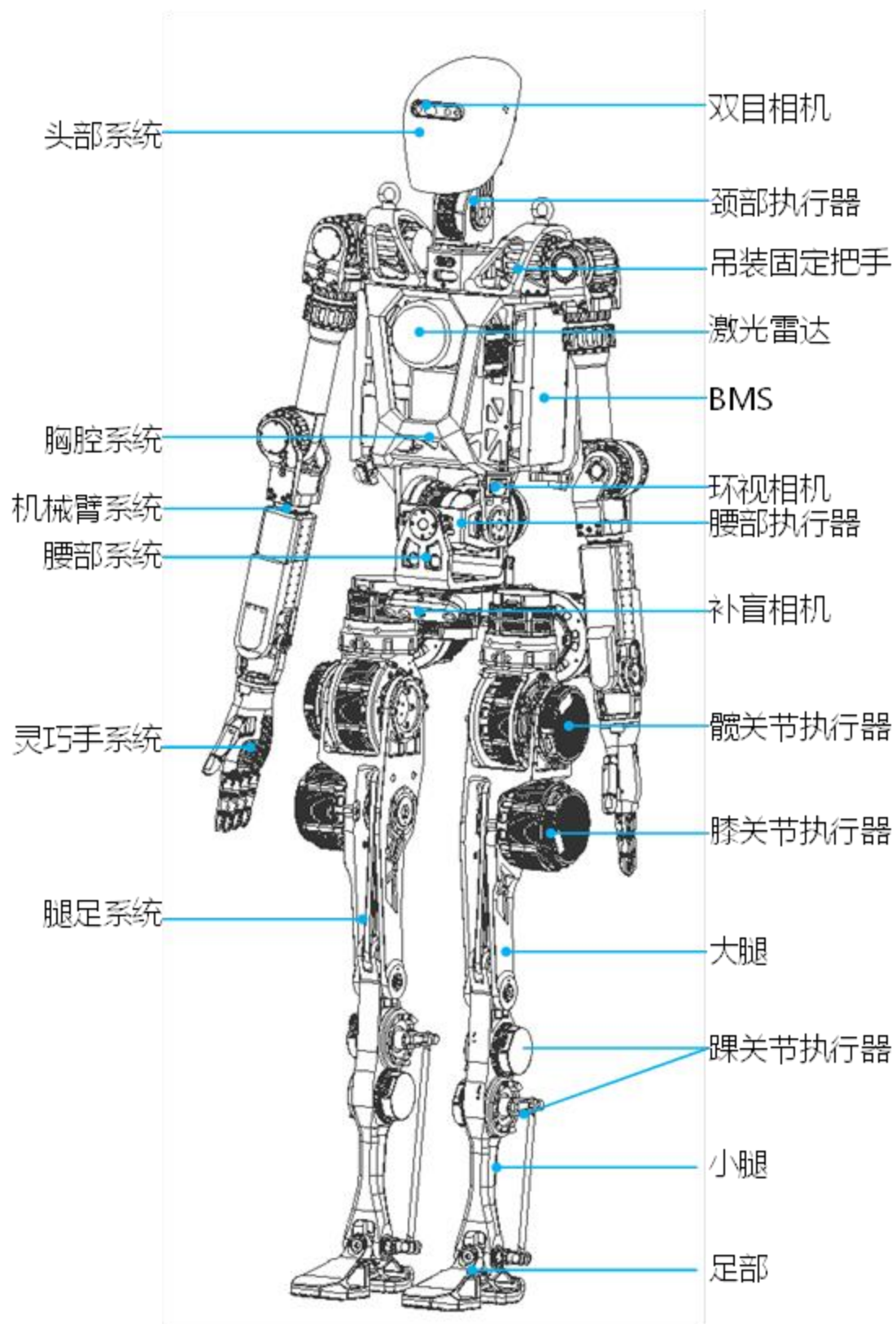
名称：青龙。

青龙全尺寸通用人形机器人是自主研发人形机器人，拥有高度仿生的躯干构型和拟人化的运动控制，全身最多达 43 个全身自由度，最大关节峰值扭矩达 396N.m，具备快速行走、敏捷避障、稳健上下坡、抗冲击干扰等运动功能，是通用人工智能的理想载体。整体系统组成如图所示。

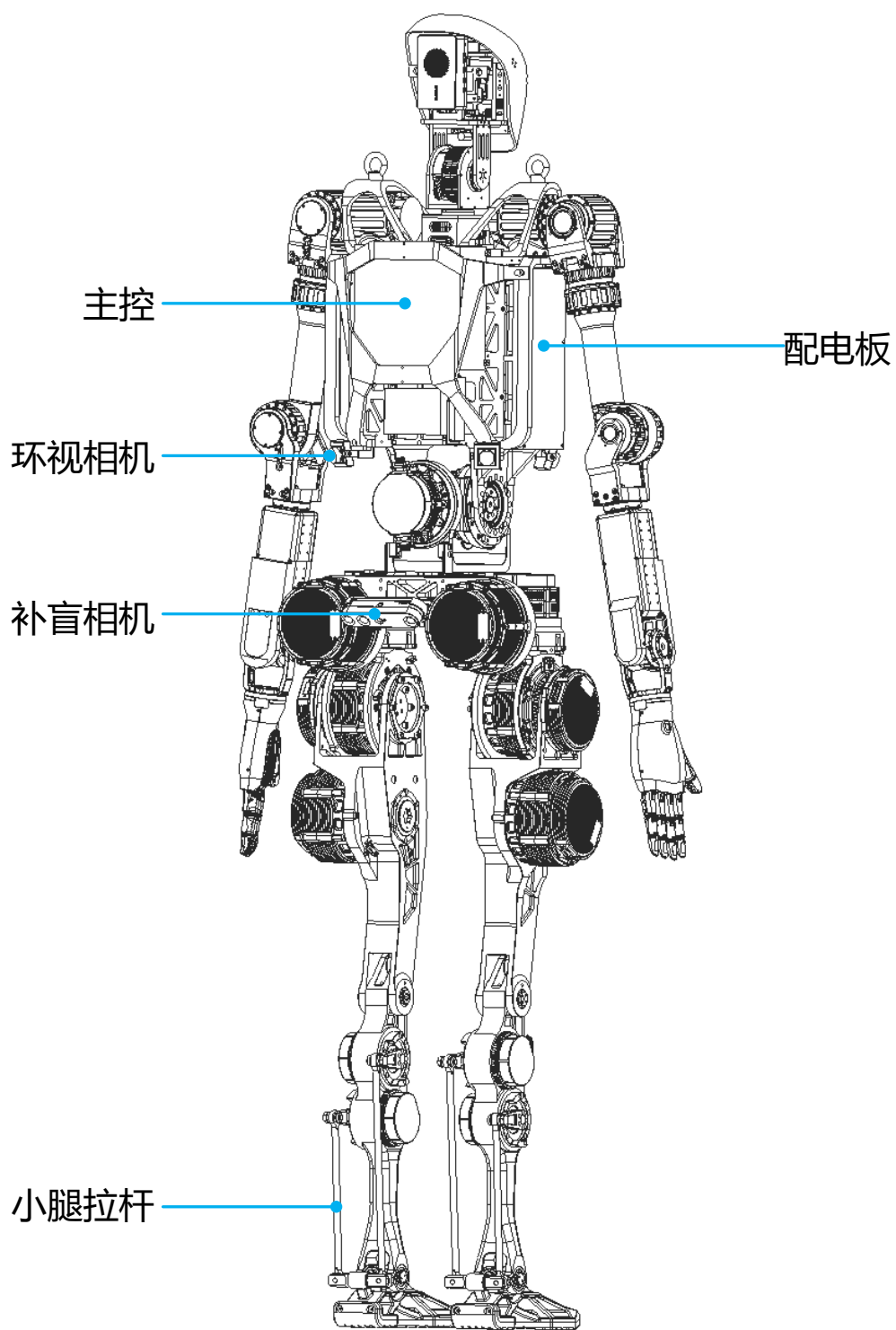
青龙全尺寸通用人形机器人强对标生物人功能指标，包括外观（头部、胸腔、手臂、灵巧手、腰部、腿足）、外形尺寸、关节运动范围、机动、感知、交互、作业等。



a)



b)



c)

图 1 系统组成

1.1 特点

(1) 整体布局

强对标人类关节尺寸及关节运动范围;

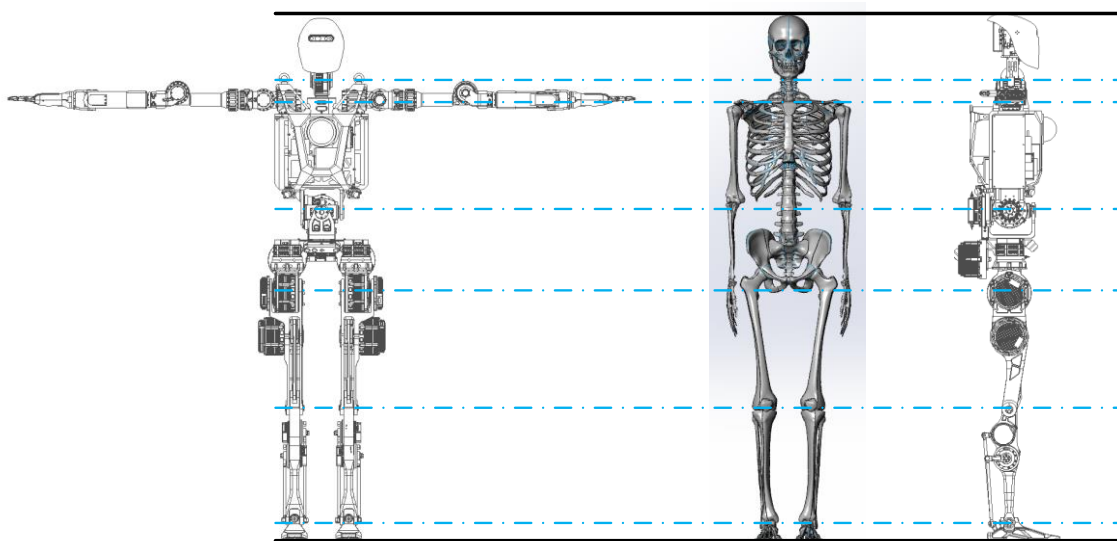


图 2 关节尺寸对比图

强对标人感知系统，包括视觉、听觉、触觉、嗅觉和动觉；

(2) 机械臂

强对标人类臂的高灵巧性。有效工作半径大、关节运动范围大、末端法兰与转轴距离短、负载自重比高。

臂手总线统一为 EtherCAT，线路简洁。

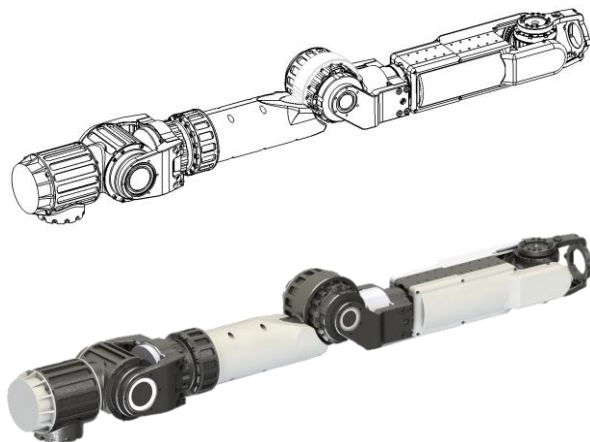


图 3 机械臂示意图

表 1 机械臂总体技术参数

序号	内容
1	单臂自由度 7 个，臂展 600mm
2	机械臂负载能力： $\geq 3\text{kg}$ ；双臂搬运负载 $\geq 5\text{kg}$
3	自重 $\leq 5.7\text{kg}$
4	重复定位精度优于 $\pm 0.2\text{mm}$

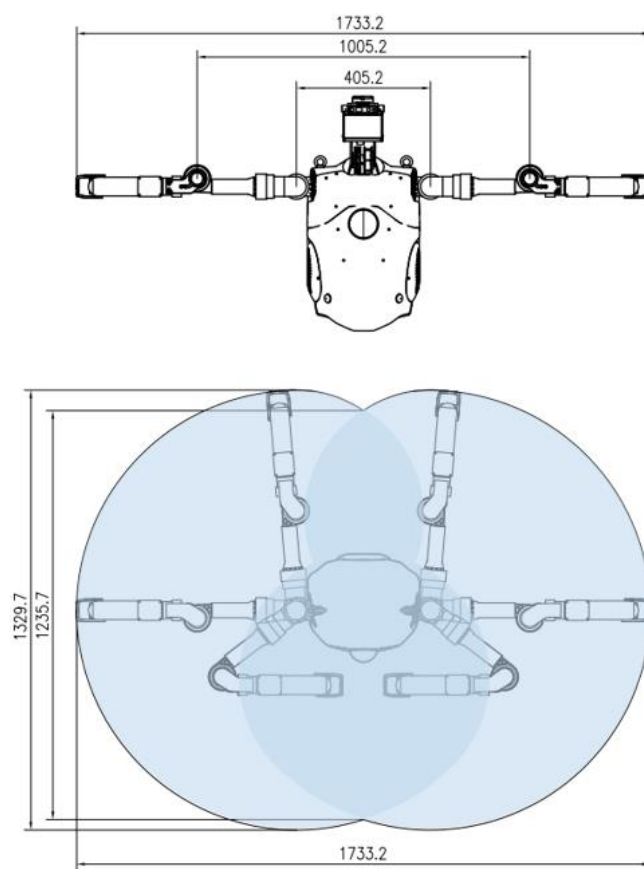


图 4 机械臂操作空间示意

(3) 仿人灵巧手

本仿人灵巧手分左手和右手，采用模块化设计，本采用模块式可拆卸结构，实现与人形机械臂的快拆快换。每个手指/拇指指尖、手掌部分集成阵列式触觉传感器，可实现精确的接触感知。整体外观设计参考人手及实际抓取需求，与人手近似，简约美观。

具备高抓重比与抓取自适应的特点，响应速度快、运动灵活、外形高度仿人手；

采用快换机构，方便与机械臂的拆装；

具备触觉感知能力，手指采用模块化原则设计。

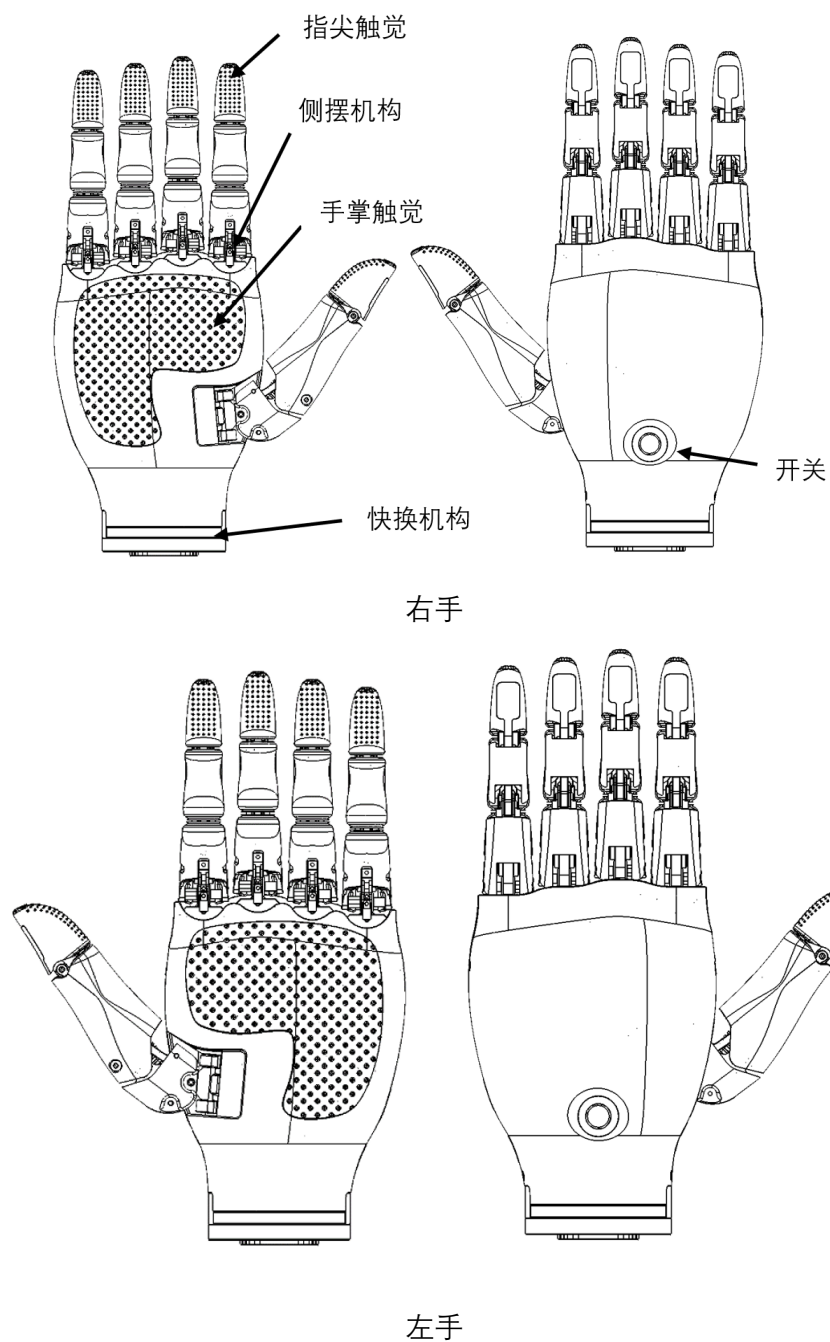


图 5 灵巧手示意图

表 2 灵巧手总体技术参数

序号	内容
1	本体有 19 个自由度，6 个主动自由度，拇指有 3 个自由度（2 个主动自由度），可实现主动弯曲伸展与主动侧向摆动，四个手指均有 4 个自由度（1 个主动自由度），可实现主动弯曲伸展与被动侧向摆动
2	整手重量不超过 600g
3	速度（手指运动）：90 度/S

4	响应速度：10ms
5	单指负载不小于 15N
6	整手负载（四指握拳式）不小于 5kg
7	额定电压：8.4V

(4) 底层驱动：

基于 EtherCAT 总线的底层驱动，具有实时性高、扩展性强、可靠性高的特点，提供关节层控制接口，可实现对机器人的每一个关节的力矩、位置、速度控制。

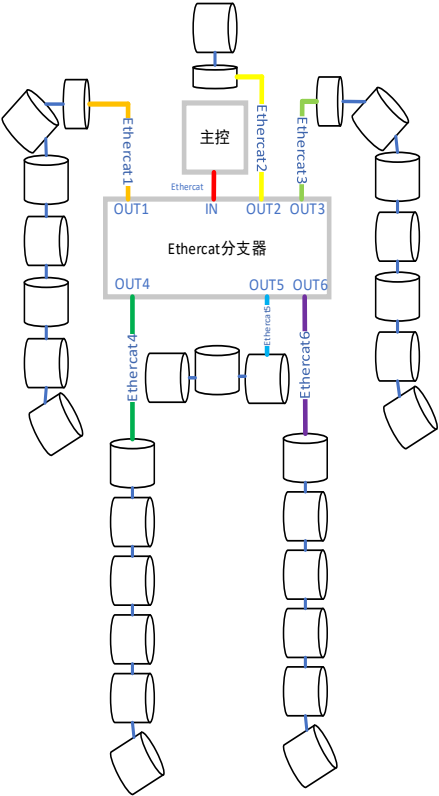


图 6 基于 Ethercat 的高实时总线系统

2 技术参数

2.1 总体参数

表 3 总体参数表

	参数
外形尺寸	直立尺寸：2192mm*1850mm*300mm，如图所示。
重量	80kg
载重	≥20kg
主动自由度	43 个

行走速度	≥5km/h;
腰部	具备类人手外形，用于 3 自由度
手臂	1) 单臂自由度 7 个，臂展 600mm 2) 机械臂负载能力：≥3kg；双臂搬运负载≥5kg 3) 自重≤5.7kg 4) 重复定位精度优于±0.2mm
灵巧手	1) 具备类人手外形，单手主动自由度 2) 灵巧手手指指尖输出力≥30N，手指最大运动速度优于 90°/s，整手负载≥5kg
续航时间	≥3 小时
电池容量	≥30Ah，电压 72V
控制和感知算力	Up to 400 TOPS
感知传感器配置	3D 激光雷达 深度相机 语音模块 嗅觉传感器 环视全景相机

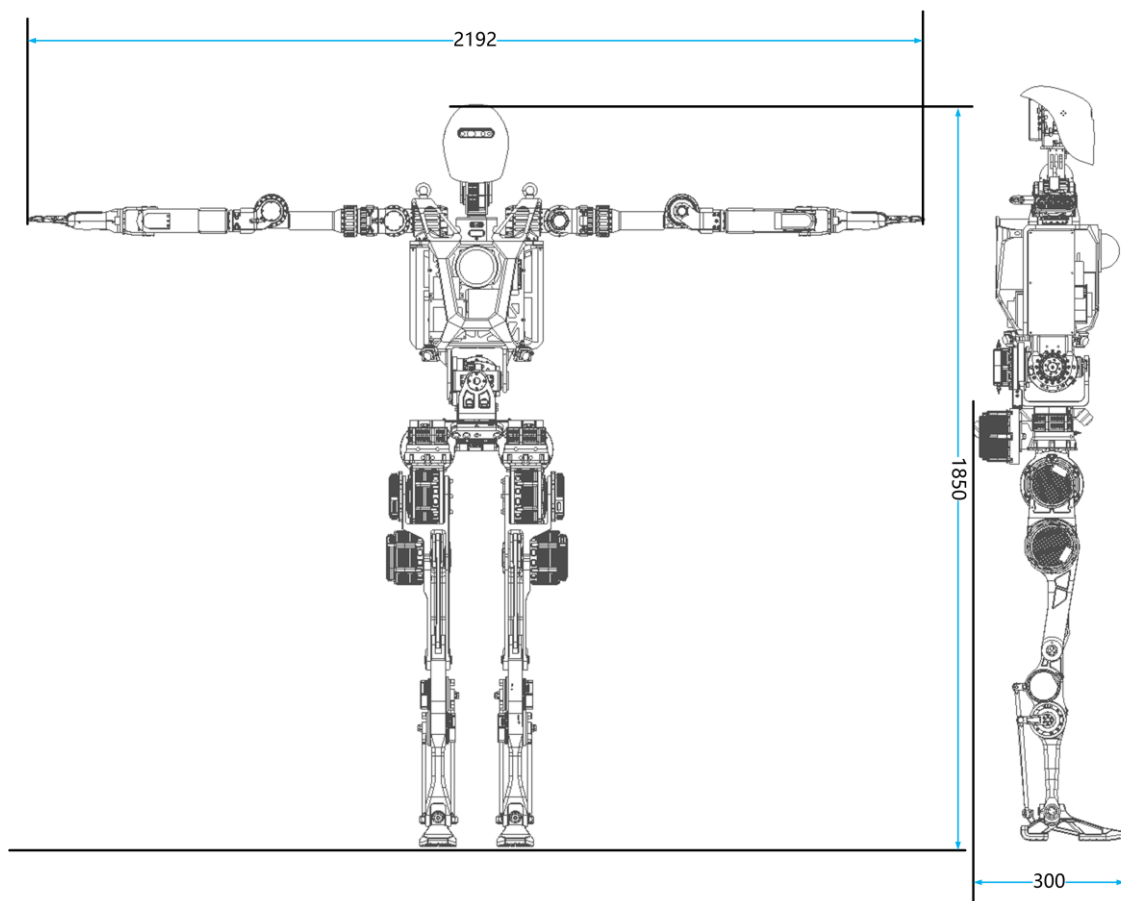


图 7 外形尺寸

2.1.1 自由度配置

表 4 整体自由度配置

序号	关节名称	自由度
1	头部	2
2	腿	6*2
3	腰部	3
4	手臂	7*2
5	灵巧手	6*2
合计		43

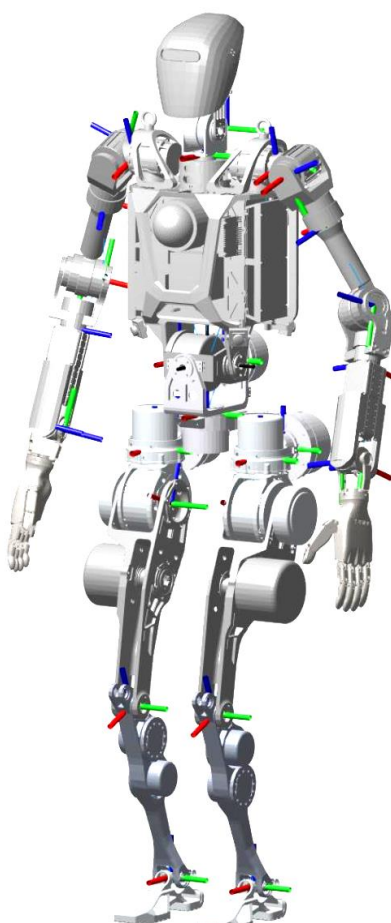
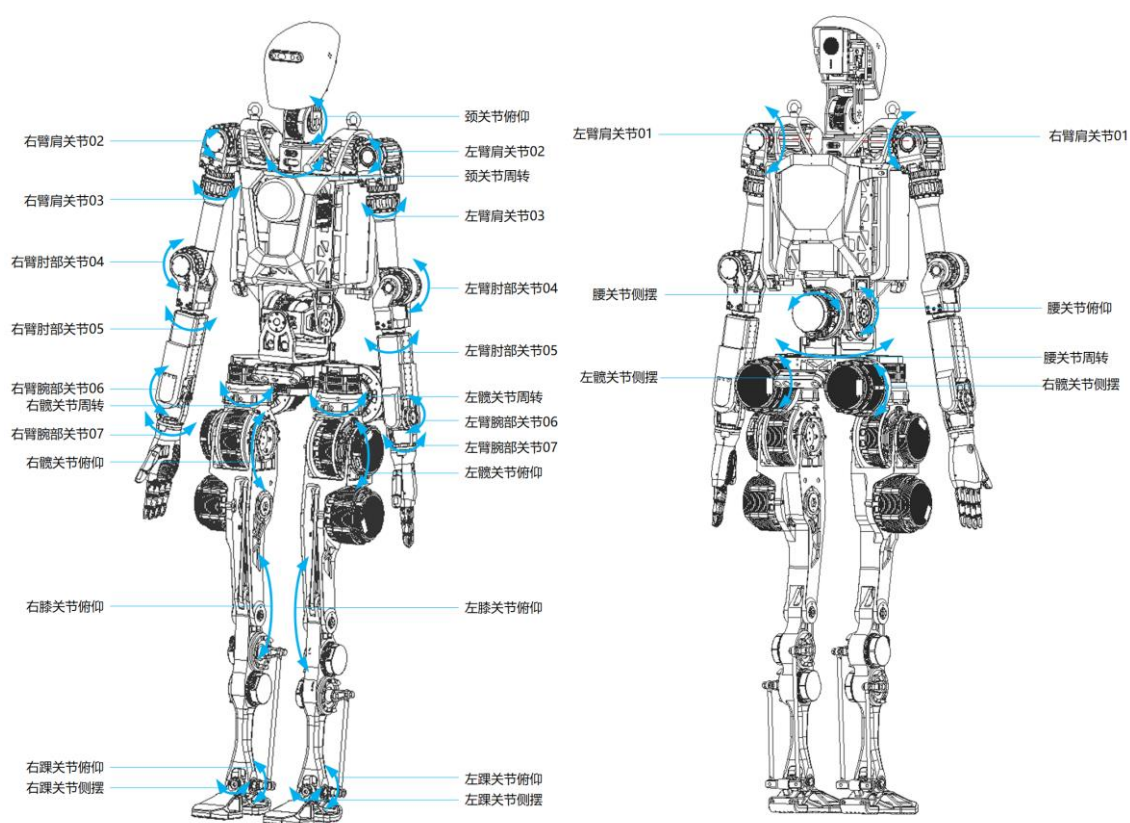


图 8 自由度配置示意简图



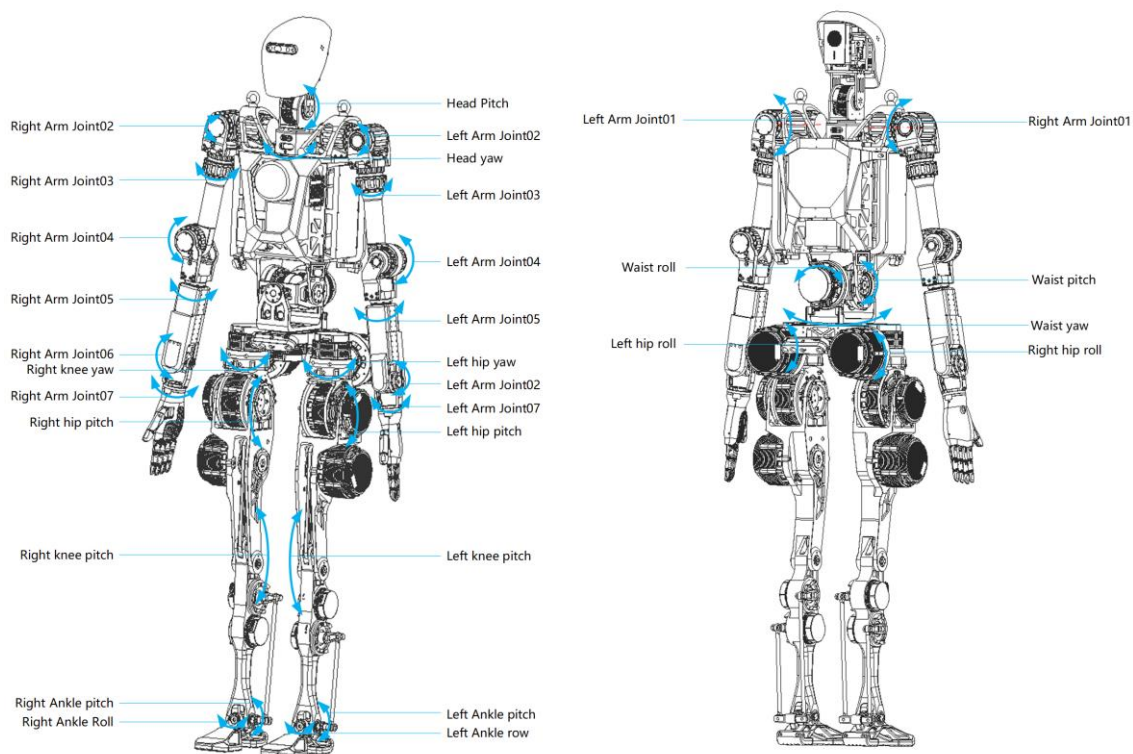


图 9 整体运动关节示意图

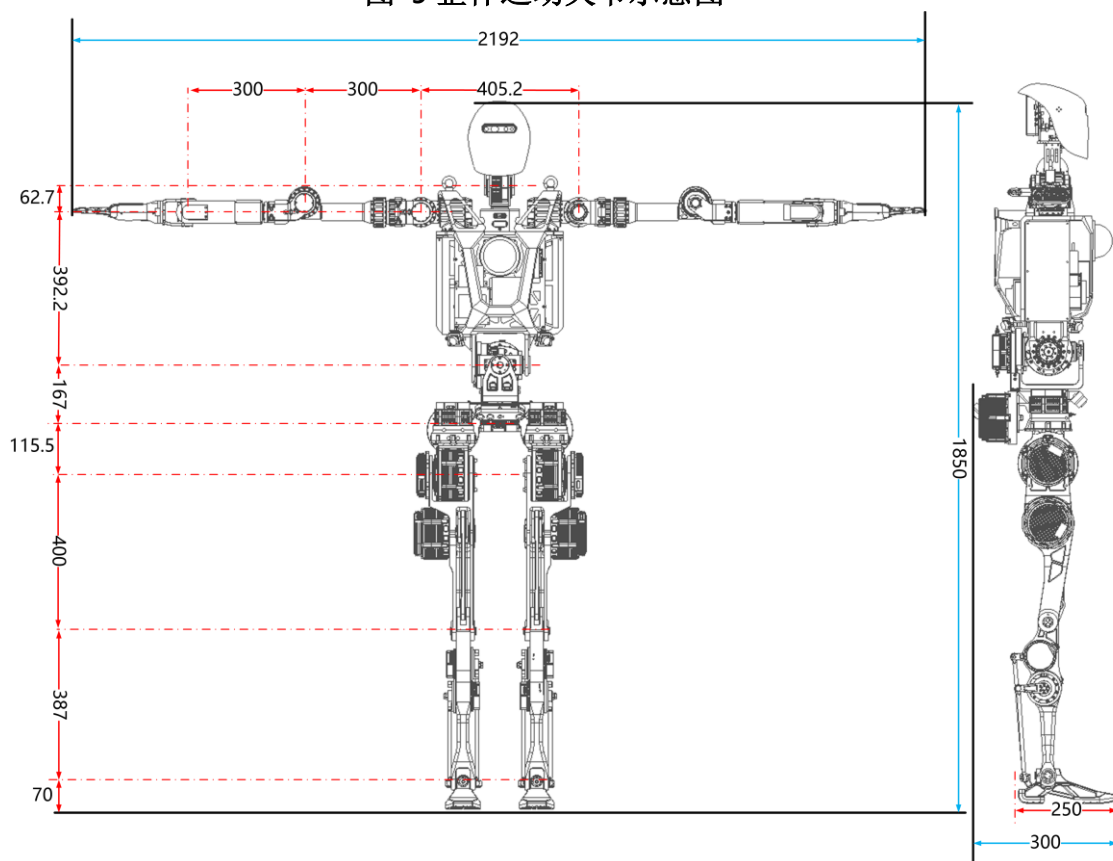
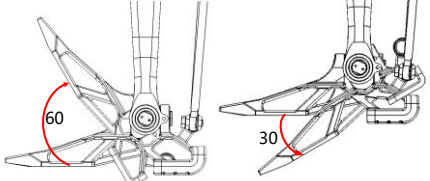
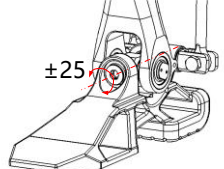
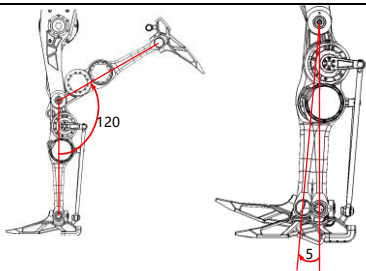
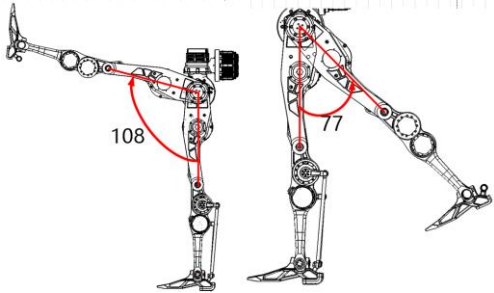
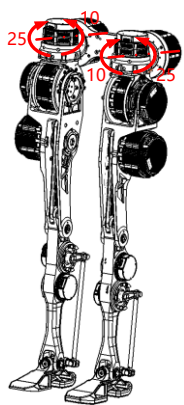


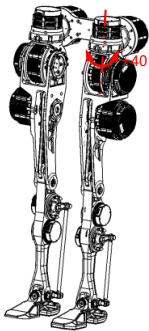
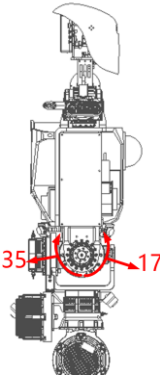

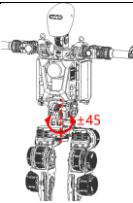
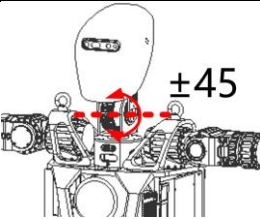
图 9 整体关节尺寸示意图

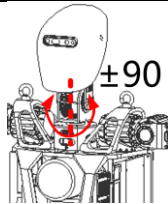
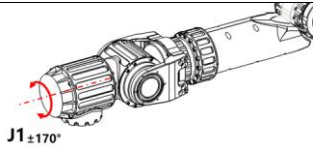
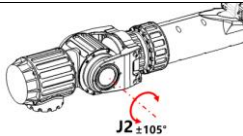
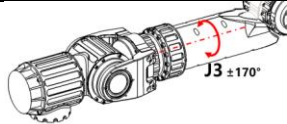
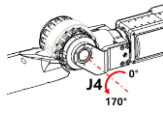
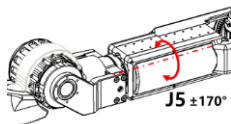
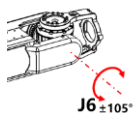
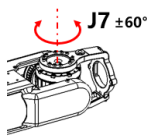
2.1.2 关节运动范围

表 5 关节运动范围

单位 (°)

序号	名称	参数	
1	Ankle pitch	踝关节俯仰: -30° $+60^{\circ}$	
2	Ankle row	踝关节侧摆: -25° $+25^{\circ}$	
3	knee pitch	膝关节俯仰: -120° $+5^{\circ}$	
4	hip pitch	髋关节俯仰 -77° $+105$	
5	hip row	髋关节侧摆 -10° $+25^{\circ}$	

序号	名称	参数	
6	hip yaw	髋关节周转 -40° $+40^{\circ}$	
7	waist pitch	腰关节俯仰: -17° $+35^{\circ}$	
8	waist row	腰关节侧摆: -40° $+40^{\circ}$	
9	waist yaw	腰关节周转: -45° $+45^{\circ}$	
10	Head pitch	颈关节俯仰 $\pm 45^{\circ}$	

序号	名称	参数	
11	Head yaw	颈关节周转 $\pm 90^\circ$	
12	ArmJoint1	肩关节俯仰 $\pm 170^\circ$	
13	ArmJoint2	肩关节侧摆 $\pm 105^\circ$	
14	ArmJoint3	肩关节周转 $\pm 170^\circ$	
15	ArmJoint4	肘关节展折 $0 \sim 170^\circ$	
16	ArmJoint5	肘关节旋转 $\pm 170^\circ$	
17	ArmJoint6	腕关节俯仰 $\pm 105^\circ$	
18	ArmJoint7	腕关节侧摆 $\pm 60^\circ$	

2.2 机动性能

- (1) 小跑速度: $\geq 5\text{km/h}$;
- (2) 快跑速度: $\geq 9\text{km/h}$;
- (3) 地形适应能力: 满足平地、碎石、沙土等自然地形;

- (4) 可上下 13cm 台阶和 20 度斜坡;

2.2.1 作业能力

(1) 单臂自由度 7, 工作半径 $\geq 600\text{mm}$, 肘关节折叠角度可达 170° , 末端法兰与末端旋转中心距离 $\leq 64\text{mm}$, 整臂灵活工作空间大。

- (2) 单臂平举负载 $\geq 3\text{kg}$, 最大负载 $\geq 5\text{kg}$

- (3) 双臂搬运负载 $\geq 10\text{kg}$

- (4) 重复定位精度优于 $\pm 0.2\text{mm}$

- (5) 直臂状态下, 外包络直径 $\leq \Phi 109$, 整臂具有良好的狭窄空间作业能力

2.3 感知能力

- (1) 具备目标识别、全景环视、三维重构能力

- (2) 具有融合视觉的自主行为能力;

- (3) 具备自主避障、自主路径规划、自主抓取能力;

(4) 具备自主开门、乘自动扶梯和电梯能力, 可在有门、门槛、楼梯、电梯等设施的室内环境中自主通行

2.3.1 感知头

- 1) 具有深度视觉传感器;

- 2) 具有听觉传感器与基础语音对话能力;

- 3) 头部 2 自由度可转动;

- 4) 具有表情交互能力;

- 5) 具有目标识别处理能力;

2.3.2 感知体:

- 1) 具有自主导航与三维地图构建能力;

- 2) 具有局部环境地图构建能力;

- 3) 具有环视上帝视角或全景图像回传能力;

- 4) 具有嗅觉感知能力;

2.3.3 感知手:

- 1) 具有指尖感知触觉感知能力

2.4 作业能力

- (1) 可与人进行手递手物品交接;

- (2) 可在 ≥ 3 大类场景中自主移动作业, 作业技能不少于 3 种;

(3) 能够完成包括但不限于螺纹装配、扎带束线、电连接器接插等操作, 在生产线上不少于 3 种工站的操作效率不低于人工执行;

- (4) 能够完成坦克模拟驾驶作业。

2.5 交互能力

- (1) 支持 5G、WIFI6 网联通讯
- (2) 可与人进行语音/肢体动作等拟人自然交互；
- (3) 支持远程沉浸式操控；
- (4) 支持多模态情感交互。

3 核心部件

3.1 关节参数

表 6 关节型号及所属部位

所属部位	名称	峰值力矩（Nm）
头部	颈部俯仰周转	26
腰部	俯仰关节	315
	侧展关节	315
	周转关节	121
腿部	髋关节侧展	320
	髋关节周转	160
	髋关节前摆	396
	膝关节	396
	踝关节	208
臂	肩关节 1、2	80
	肩 3，肘 4	58
	肘 5，腕 6、7	11.5

3.2 电机伺服控制器

- 驱动电压 11-95VDC；
- 电流 $\geq 130A$ （正弦波幅值）；
- 电流环控制频率 $\geq 10Khz$
- 电流环控制带宽 $\geq 2Khz$ ；
- 通信频率 $\geq 1Khz$ ；

额定功率下驱动器效率 $\geq 97\%$;

具有故障检测及故障上传, 能识别电源欠压、过压, 过流、过热, 反馈异常, 电机缺相等故障;

具有驱动器调试上位机, 可实现对电机的电参数和机械参数(摩擦转矩、转动惯量等)的自动辨识, 并自动整定控制参数;

通讯方式支持 EThercat 通信;

工作温度: $-20^{\circ}\text{C} \sim +55^{\circ}\text{C}$;

3.3 动力电池组;

额定电压 72V (19S)

能量 $\geq 30\text{Ah}$

总重量 $\leq 9\text{kg}$

额定电流 $\geq 60\text{A}$

最大充电电流 $\geq 15\text{A}$

最大放电电流 $\geq 120\text{A}$ (每 400ms 出现一次 20ms 峰值)

自放电率 $\leq 3\%$ (/28 天)

循环寿命 ≥ 1000 (80%DOD)

连接内阻 $\leq 1.5\text{m}\Omega$ (20°C , 50%SOC 时)

电池组的连接内阻低于电池内阻

工作环境温度 $-20^{\circ}\text{C} \sim 55^{\circ}\text{C}$ (放电), $-20^{\circ}\text{C} \sim 45^{\circ}\text{C}$ (充电)

电压一致性 $\leq 50\text{mV}$ (静态)

接口 外接充电接口 (配充电器)

3.4 运动控制计算机

AI 算力: Up to 400 TOPS

支持四路对外千兆以太网;

支持一路内置 WIFI6 功能 ;

支持一路内置 MEMS 传感器, 采用 UART 接口与主控板进行通信;

搭载 4G、GPS/北斗定位;

支持 8 路 CAN 总线;

USB3 接口 ≥ 6 路;

RS422 通讯接口: 1 路, RS232 通讯接口: 1 路;

工作温度: $-20^{\circ}\text{C} \sim +60^{\circ}\text{C}$

存储温度: $-40^{\circ}\text{C} \sim +80^{\circ}\text{C}$

振动: 1~5Hz, 2g

3.5 激光雷达

该雷达用于机器人三维环境地图的构建,为实现长时间可靠的自主导航与精确地图构建提供数据支撑。由于市面上没有人形机器人专用雷达,现有雷达尺寸较大因此导航用雷达拟布置与机器人脖子位置前方,对机体前方进行增量式地图构建并实现自主导航。

依据上述需求雷达布置与机器人胸前或脖子位置,则通过调研目前可以采用的速腾的Bpearl 球面雷达,其探测角度为 360°可以覆盖机器人前方和足端大部分的区域,具体参数如下:

激光安全等级	Class 1 人眼安全	盲区	≤0.1m
测距能力	100m(30m@10% NIST)	精度(典型值)	1cm
水平视场角	360°	垂直视场角	90°
水平角分辨率	0.1°/0.2°/0.4°	垂直角分辨率	2.81°
帧率	5Hz/10Hz/20Hz	转速	300/600/1200rpm (5/10/20Hz)
出点数	576,000pts/s(单回波模式) 1,152,000pts/s(双回波模式)	UDP数据包内容	三维空间坐标、反射强度、时间戳等
以太网输出	100Base-TX	输出数据协议	UDP packets over Ethernet
工作电压	9V - 32V	工作温度	-40°C ~ +60°C
产品功率	12W	存储温度	-40°C ~ +85°C
防护等级	IP67、IP6K9K	时间同步	\$GPRMC with 1PPS, PTP&qPTP
尺寸	φ100mm * H111 mm	重量(不包含数据线)	~0.89kg

探测角度如下,盲区 10cm:

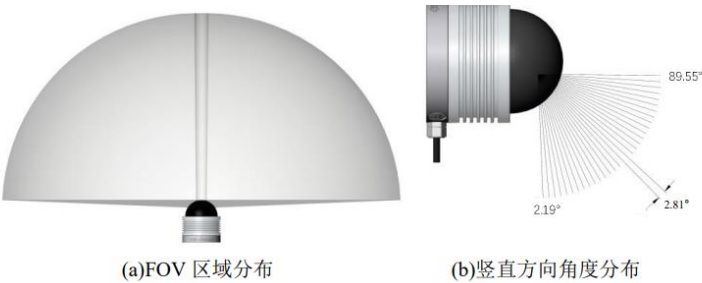


图 11 胸部激光雷达传感器

3.6 补盲相机

由于人形机器人站立后胸前的激光雷达仅能探测前方一定角度区域内的障碍物,这将导致机器人无法感知后方和脚下的障碍物信息,在机器人腰部前后各增加 1 路深度相机,具体性能参数如下:



图 12 深度相机构成图

- 1)双目基线: 50mm;
- 2)工作范围: 19cm ~ 10m(依环境而改变);
- 3)深度精度: < 2% at 2m;
- 4)深度相机视场(FOV): H80.5°×V55.2°;
- 5)深度图分辨率: 640×400@30fps。
- 6)数据接口: USB2.0;
- 7)输入电压: 5VDC(USB2.0 供电);
- 8)工作电流: 平均 260mA, 峰值 1A;
- 10)典型功耗: 平均功耗 1W, 峰值功耗 < 6W。

红外摄像头中的 CMOS 选型为一款 720P 的图像传感器, 可输出 1280H×720V 分辨率图像信号。红外摄像头指标参数如下表所示。

表 7 红外摄像头指标参数

参数	指标
分辨率	H1280×V720
像素大小	3 μm×3 μm
曝光方式	全局曝光
帧率	30fps
IR	940nm
备注	适配镜头后视场角: H80.5° ×V55.2°

激光发射器为 VCSEL 结构光投射器, 激光波长为 940nm, 散斑点数为 30K, 投射器

视场(FOV)为 H102°×V78°，激光安全等级为 Class 1，具有光效高、均匀性好、点阵随机性强等特点。激光发射器参数如表所示。

表 8 激光发射器指标参数

参数	指标
激光波长	VCSEL 940nm
散斑点数	30K
投射器视场(FOV)	H102° × V78°
激光安全等级	Class 1

彩色相机中的 CMOS 集成了 1280H×720V 像素阵列，具有 MIPI 接口。彩色相机 CMOS 指标参数如表所示。

表 9 彩色相机 CMOS 指标参数

参数	指标
分辨率	1280×720
像素大小	1.75 μ m×1.75 μ m
曝光方式	卷帘曝光
帧率	30fps
IR	650nm
备注	适配镜头后视场角：H65.9° ×V51.3°

主板指标性能如表所示。

表 10 主板指标参数

参数	指标
供电方式	USB2.0
支持操作系统	Linux
MIPI 摄像头	3 个
深度图分辨率	30fps@640×400

3.7 全景相机

全景环视系统基于嵌入式高性能多媒体处理器，通过在机器人腰部布置四个超广角可

见光相机, 将采集到的图像信息拼接成一副全景鸟瞰图, 并通过显示终端解码显示鸟瞰图, 操作手可直观的看到机器人所处的位置以及其周围环境、目标物、障碍物等。还可以根据需要在机器人前胸和后背配置两路广角摄像头, 用于直接输出或拼接输出其身体前向和后向的环境态势。全景环视系统框图如图所示。

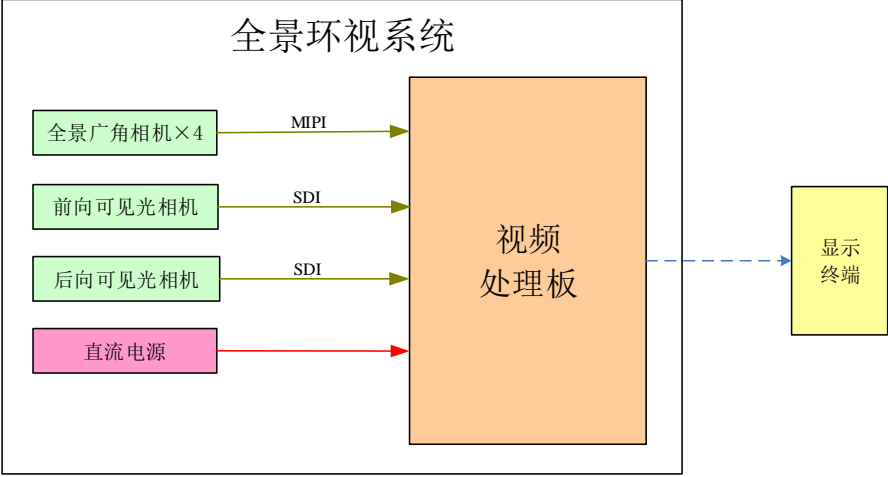


图 13 全景环视系统框

全景环视系统中的全景广角相机选择 GC2035 摄像头模组, 该模组由 1/2.9 英寸 CMOS 图像传感器和 120°广角镜头组成, 可输出 1920×1080 分辨率的图像信号, 视频接口为 MIPI。其参数指标如表所示。

表 11 GC2035 指标参数

参数	指标
分辨率	1920H×1080V
像面尺寸	1/2.9
曝光方式	全局曝光
帧率	1080P@30fps
镜头	120° 广角镜头