

概述

ZIM60-400-48-R是一款集成了驱动器的一体化伺服电机，它内置了微处理器、FOC控制算法和CAN通讯接口，支持48V直流输入，UVW三相交流正弦输出，适用于快速响应、精密控制的工业生产制造领域。电机参数可通过CAN接口和CANopen通讯协议进行设定和监控，控制模式主要有位置模式和速度模式。

产品主要规格

| 型号 | 框架尺寸(mm) | 输出功率(W) | 额定电压(VDC) | 控制接口 | 通讯协议 |
|----------------|-------------|---------|-----------|------|---------|
| ZIM60-400-48-R | 60*60*117.3 | 400 | 48 | CAN | CANopen |

环境条件

| 序号 | 内容 | 技术指标 | 单位 | 备注 |
|----|------|-----------|----|----|
| 1 | 工作温度 | 0 ~ 70 | °C | |
| 2 | 存储温度 | -40 ~ +85 | °C | |
| 3 | 相对湿度 | ≤ 95 | °C | |

电机特性

| 电气特性 | 条件 | 数值 | 单位 |
|--------|-------------|------------|-----|
| 额定输入电压 | | 48 | VDC |
| 输入电压范围 | | 20-60 | VDC |
| 持续输出功率 | 0°C to 40°C | 400 | W |
| 额定转速 | 0°C to 40°C | 3000 | rpm |
| 空载最高转速 | 0°C to 40°C | 4658 (48V) | rpm |
| 持续输出扭矩 | 0°C to 40°C | 0.64 | Nm |
| 峰值扭矩 | 0°C to 40°C | 1.92 | Nm |
| 额定电流 | | 5.77 | A |
| 极对数 | | 10 | |
| 位置精度 | | 0.1 | deg |

| 接口特性 | 条件 | 数据 | 单位 |
|--------|----|-------|-----|
| can波特率 | | 1000k | bps |

| 机械特性 | 条件 | 数据 | 单位 |
|--------------|-----------|------|----|
| 轴向力(f_A) | | <120 | N |
| 径向力(f_B) | 距离前表面20mm | <60 | N |

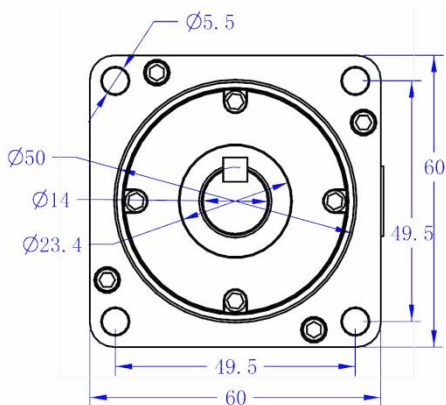
环境试验要求

| 序号 | 项目 | 技术要求 |
|----|-------|--------|
| 1 | 低温试验 | 满足规格要求 |
| 2 | 高温试验 | 满足规格要求 |
| 3 | 电机轴向力 | 满足规格要求 |
| 4 | 电机径向力 | 满足规格要求 |

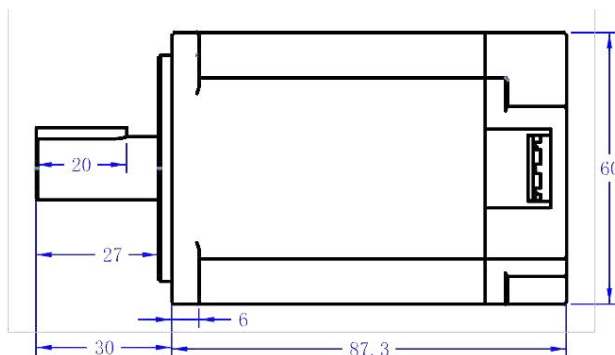
机械特性及接插件定义

外形尺寸及外观

外尺寸：长*宽*高 = 117.3mm*60mm*60mm



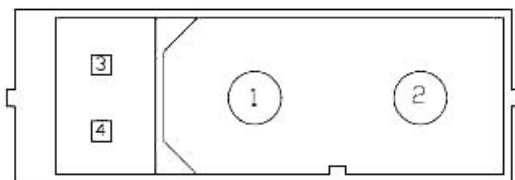
轴向端视图(单位：mm)



侧视图(单位：mm)

端子定义

接线端子型号(伺服电机本体)：XT30(2+2)PB-M，配套接插件型号：XT30(2+2)-F。伺服电机本体端子如下图：



| 序号 | 定义 | 说明 |
|----|------|-----------|
| 1 | 0V | 电源负极(直流) |
| 2 | 48V | 电源正极(直流) |
| 3 | CANH | CAN通讯端口 H |
| 4 | CANL | CAN通讯端口 L |

注意事项：

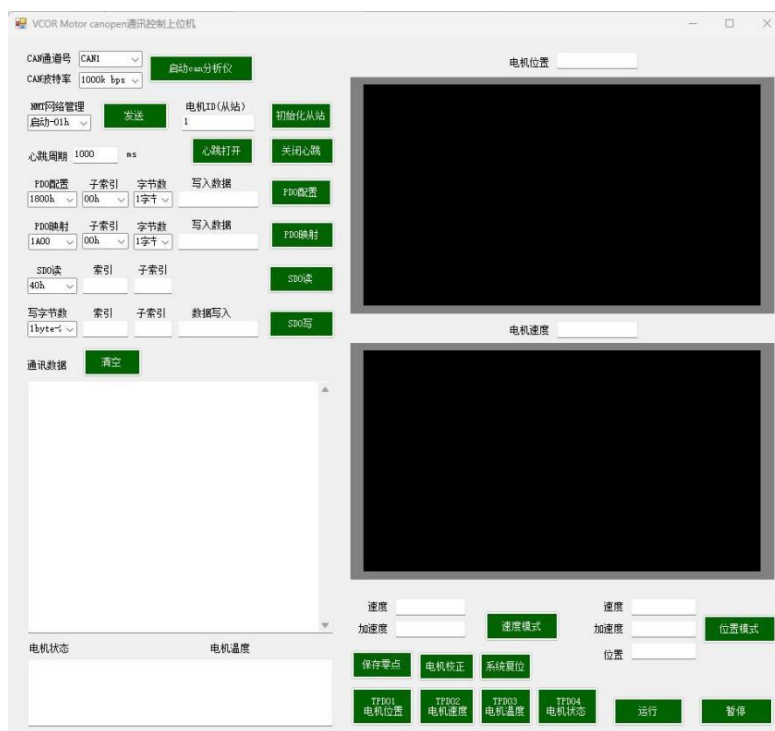
1. 建立 CAN 通信线缆先用线径不小于 0.3mm²的双绞屏蔽线缆，屏蔽层单端接地；
2. 电源线缆选用线径不小于 1.5mm²的线缆。

软件调试助手

调试助手为在 CAN 分析仪 (创世科技) 基础上进行二次开发的软件 (VCORMotroDrive(canopen).exe), 软件运行前需要安装好CAN分析仪驱动程序, 并在软件存放文件夹载入动态连接库ControlCAN.dll, CAN分析仪所连接通道的拨码开关1按下。



1. 打开调试软件



- 1). 选择与电机通讯的CAN通道, 波特率选1000k bps, 启动CAN分析仪;
- 2). 填写电机ID号, 电机 ID 号为电机拨码开关号码, 重新拨码时需重启电机电源;
- 3). 点击“电机校正”(电机使用前先进行校正), 电机自动自检校正。等待电机校正完毕, 即可正常控制电机。

软件调试助手



2. 运动模式

- 1).速度模式，先点击运行，在速度，加速度文本框填写速度、加速度值，点击“速度模式”。
- 2).位置模式，先点击运行，填写位置、速度、加速度，点击“位置模式”；
- 3).保存零点，即将当前位置设置为零点位置，保存零点时请先将电机停止运行。

3. 读取电机状态，并绘制位置、速度曲线

- 1). 点击“电机状态”，文本框将动态显示电机当前运行状态；
- 2). 点击“电机温度”，动态显示电机当前温度；
- 3). 点击“电机速度”，动态显示电机当前速度，并绘制速度动态曲线；
- 4). 点击“电机位置”，动态显示电机当前位置，并绘制电机位置动态曲线。

CANopen通讯协议

CANopen 协议

CANopen是一个基于CAN串行总线的网络传输协议的应用层协议，遵循ISO/OSI标准模型。网络中不同的设备通过对象字典或者对象来相互交换数据，其中，主节点可以通过过程数据对象(PDO)或者服务数据对象(SDO)来获取或者修改其它节点对象字典列表中的数据。

1. 对象字典

对象字典是设备规范中最重要的部分。它是一组参数和变量的有序集合，包含了设备描述及设备网络状态的所有参数。通过网络可以有序的预定义的方式来访问的一组对象。

CANopen 协议采用了带有 16 位索引和 8 位子索引的对象字典，对象字典的结构如表 8-1所示。

表 8-1 对象字典结构图

| 索引 | 对象 |
|-------------|--------------------------|
| 0001h~001Fh | 静态数据类型（未使用） |
| 0020h~003Fh | 复杂数据类型（未使用） |
| 0040h~005Fh | 制造商规定的复杂数据类型（未使用） |
| 0060h~007Fh | 设备子协议规定的静态数据类型（未使用） |
| 0080h~009Fh | 设备子协议规定的复杂数据类型（未使用） |
| 00A0h~0FFFh | 保留（未使用） |
| 1000h~1FFFh | 通信子协议区域 |
| 2000h~5FFFh | 制造商特定子协议区域 |
| 6000h~9FFFh | 标准的设备子协议区域（如 DSP-402 协议） |
| A000h~FFFFh | 保留 |

本电机的对象字典采用了 DSP-402 协议的基本控制模式的对象索引。

2. 常用通讯对象

(1) 网络管理对象 (NMT)

网络管理对象包括Boot-up消息, Heartbeat 协议及 NMT 消息, 基于主从通信模式, NMT用于管理和监控网络中的各个节点, 主要实现三种功能: 节点状态控制、错误控制和节点启动。

(2) 服务数据对象 (SDO)

- 包括接收SDO(R-SDO)和发送 SDO(T-SDO)。
- 通过使用索引和子索引, SDO使客户机能够访问设备对象字典中的项。
- SDO通过CAL中多元域的CMS对象来实现, 允许传送任何长度的数据, 当数据超过4个字节时分拆成几个报文。
- 协议是确认服务类型, 为每个消息生成一个应答。SDO 请求和应答报文总是包含8个字节。

(3) 过程数据对象(PDO)

- 包括接收PDO(RPDO)和发送PDO(TPDO)。
- 用来传输实时数据, 数据从一个创建者传到一个或多个接收者。数据传送限制在1到8个字节。
- 每个CANopen设备包含8个缺省的PDO通道, 4个发送PDO通道和4个接收PDO通道。
- PDO包含同步和异步两种传输方式, 由该 PDO 对应的通信参数决定。
- PDO消息的内容是预定义的, 由该PDO对应的映射参数决定。

(4) 同步对象(SYNC)

同步对象是由CANopen主站周期性地广播到CAN总线的报文, 用来实现基本的网络时钟信号, 每个设备可以根据自己的配置, 决定是否使用该事件来跟其它网络设备进行同步通信。

(5) 紧急报文(EMCY)

设备内部通信故障或者应用故障错误时发送的报文。

CANopen通讯协议

3. 通信对象标识符

通信对象标识符 (COB-ID) 指定了在通信过程中对象的优先级以及通信对象的识别。COB-ID 与 CAN 2.0A 的 11 位帧 ID 一一对应，11 位 COB-ID 由两部分组成，分别是 4 位的对象功能代码和 7 位的节点地址，如下：

| | | | | | | | | | | |
|------|---|---|---|------|---|---|---|---|---|---|
| 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| 功能代码 | | | | 节点ID | | | | | | |

CANopen 的各个通信对象都有默认的 COB-ID，可以通过 SDO 进行读取，部分可以通过 SDO 进行修改。对象列表如表所示。

表 3-4 对象 COB-ID 列表

| 通讯对象 | 通讯对象 | 通讯对象 | 通讯对象 | 通讯对象 |
|----------|-------|-------|--------------|-------------|
| 网络管理 | 0000b | 0 | 0h | -- |
| 同步对象 | 0001b | 0 | 80h | 1005h,1006h |
| 紧急报文对象 | 0001b | 1~127 | 80h+Node ID | 1014h |
| TPDO1 | 0011b | 1~127 | 180h+Node ID | 1800h |
| TPDO1 | 0100b | 1~127 | 200h+Node ID | 1400h |
| TPDO2 | 0101b | 1~127 | 280h+Node ID | 1801h |
| TPDO2 | 0110b | 1~127 | 300h+Node ID | 1401h |
| TPDO3 | 0111b | 1~127 | 380h+Node ID | 1802h |
| TPDO3 | 1000b | 1~127 | 400h+Node ID | 1402h |
| TPDO4 | 1001b | 1~127 | 480h+Node ID | 1803h |
| TPDO4 | 1010b | 1~127 | 500h+Node ID | 1403h |
| 网络管理错误控制 | 0011b | 1~127 | 700h+Node ID | 1016h,1017h |

CANopen通讯协议

设备控制

电机通过 controlword (6040h) 实现控制，通过读取电机 statusword (6041h) 获取驱动器当前状态。

1. controlword(6040h)

| | |
|------|------------|
| 0x01 | 电机校正 |
| 0x02 | 快速停机 |
| 0x03 | 系统复位 |
| 0x05 | 将当前位置设置为0点 |
| 0x06 | 伺服准备好 |
| 0x07 | 等待使能 |
| 0x0F | 伺服运行 |

2. statusword(6041h)

| 高8位 | | 低8位 | |
|---------------------|------------|--------------------|------------|
| 电机状态(motor_state) | | 电机故障(fault_type) | |
| 0 | 等待硬件稳定 | 0 | 电机正常 |
| 1 | 等待触发信号 | 1 | 电流反馈直流偏置异常 |
| 2 | 校准电流直流偏置 | 2 | 逆变桥异常 |
| 3 | 给自举电容充电 | 3 | 过流保护 |
| 4 | 电机缺相检测 | 4 | 霍尔信号异常 |
| 5 | 编码器对齐 | 5 | 电压欠压 |
| 6 | 清控制变量 | 6 | 电压过压 |
| 7 | 正常运行 | 7 | 速度反馈异常 |
| 8 | 测试硬件，调试电流环 | 8 | |
| 9 | 制动，只开下MOS管 | | |
| 10 | 停止，关MOS管 | | |

CANopen通讯协议

设备运动控制模式

1. 该电机目前支持 CANopen DSP402 中的 2 种控制模式：
2. 速度控制模式和位置控制模式
3. 控制模式参数

电机的控制模式由 `modes_of_operation(6060h)` 参数决定

| 值 | 说明 |
|------|--------|
| 0x01 | 位置控制模式 |
| 0x03 | 速度控制模式 |

当前的控制模式通过读 `modes_of_operation_display(6061h)` 参数获取

| 值 | 说明 |
|------|--------|
| 0x01 | 位置控制模式 |
| 0x03 | 速度控制模式 |

速度模式

| 索引 | 写入值说明 |
|-------|-------|
| 60FFh | 电机速度 |
| 6083h | 电机加速度 |

位置模式

| 值 | 写入值说明 |
|-------|----------|
| 6081h | 电机运行最大速度 |
| 6083h | 电机加速度 |
| 607Ah | 电机运行位置 |

CANopen通讯协议

对象字典分配一览

| 索引 | 子索引 | 名称 | 可访问性 | 能否映射 | 数据类型 | 单位 | 数据范围 | 出厂设定 |
|-------|-----|--------|------|------|--------|------|------------|------|
| 2000h | -- | 电机温度反馈 | RO | TPDO | Float | °C | 0.0~100.0 | -- |
| 6040h | -- | 电机控制字 | RW | YES | Uint16 | -- | -- | 0 |
| 6041h | -- | 电机状态字 | RO | TPDO | Uint16 | -- | -- | -- |
| 6060h | -- | 电机运动模式 | RW | YES | Int8 | -- | -- | 0 |
| 6061h | -- | 运动模式反馈 | RO | TPDO | Int8 | -- | -- | -- |
| 6064h | -- | 电机位置反馈 | RO | TPDO | Int32 | 用户单位 | -3142~3142 | -- |
| 606Ch | -- | 电机转速反馈 | RO | TPDO | Int32 | rpm | -4650~4650 | -- |
| 607Ah | -- | 目标位置 | RW | YES | Int32 | 用户单位 | -3142~3142 | -- |
| 6081h | -- | 目标速度 | RW | YES | Uint32 | rpm | -4650~4650 | 10 |
| 6083h | -- | 加速度 | RW | YES | Uint32 | 用户单位 | 0~1000 | 50 |
| 60FFh | -- | 目标速度 | RW | YES | Int32 | rpm | -4650~4650 | -- |

CANopen通讯示例

以下测试基于通讯连接正常、电机地址为 1 (拨码开关拨到 1)情况下。

速度控制示例

速度模式配置流程：

```
601 2F 60 60 00 03 00 00 00 //配置为速度模式，0x03 为速度模式，6060 为索引
601 23 FF 60 00 XX XX XX XX //配置目标速度，数据为四字节的浮点数
601 23 83 60 00 XX XX XX XX //配置加速度，数据为四字节浮点数
601 2B 40 60 00 06 00 00 00 //电机准备好
601 2B 40 60 00 07 00 00 00 //电机等待使能
601 2B 40 60 00 0F 00 00 00 //电机运行
```

位置控制示例

```
601 2F 60 60 00 01 00 00 00 //配置为位置模式，0x01 为位置模式，6060 为索引
601 23 81 60 00 XX XX XX XX //配置运行最大速度，数据为四字节浮点数
601 23 83 60 00 XX XX XX XX //配置加速度，数据为四字节浮点数
601 23 7A 60 00 XX XX XX XX //配置运行目标位置，数据为四字节浮点数
601 2B 40 60 00 06 00 00 00 //电机准备好
601 2B 40 60 00 07 00 00 00 //电机等待使能
601 2B 40 60 00 0F 00 00 00 //电机运行
```

电机运行中暂停

```
601 2B 40 60 00 06 00 00 00 //电机准备好
601 2B 40 60 00 07 00 00 00 //电机等待使能
```

将当前位置保存为零点(执行该操作时，先将电机停止运行)

```
601 2F 40 60 00 05 00 00 00
```

电机校正操作

```
601 2B 40 60 00 01 00 00 00
```

系统复位

```
601 2B 40 60 00 03 00 00 00
```

CANopen通讯示例**配置 TPDO1(电机位置)**

```
601 23 00 18 01 81(0x80+id) 01 00 80 //去使能TPDO1
601 2F 00 1A 00 00 00 00 //清除TPDO1映射对象个数
601 2F 00 18 02 FF 00 00 00 //设置TPDO1为异步传输类型
601 2B 00 18 03 64 00 00 00 //设置TPDO1的禁止时间为 10ms
601 2B 00 18 05 00 00 00 00 //禁用事件定时器
601 23 00 1A 01 20 00 64 60 //写入映射对象1, 6064为当前位置
601 2F 00 1A 00 01 00 00 00 //映射对象子索引00h写入1
601 23 00 18 01 81(0x80+id) 01 00 00 //使能TPDO1
601 2B 00 18 05 0A 00 00 00 //开启事件定时器, 10ms
```

配置 TPDO2(电机速度)

```
601 23 01 18 01 81(0x80+id) 02 00 80 //去使能TPDO2
601 2F 01 1A 00 00 00 00 //清除TPDO2映射对象个数
601 2F 01 18 02 FF 00 00 00 //设置TPDO2为异步传输类型
601 2B 01 18 03 64 00 00 00 //设置TPDO2的禁止时间为10ms
601 2B 01 18 05 00 00 00 00 //禁用事件定时器
601 23 01 1A 01 20 00 6C 60 //写入映射对象1, 606C 为当前速度
601 2F 01 1A 00 01 00 00 00 //映射对象子索引00h写入1
601 23 01 18 01 81(0x80+id) 02 00 00 //使能TPDO2
601 2B 01 18 05 0A 00 00 00 //开启事件定时器, 10ms
```

配置 TPDO3(电机温度)

```
601 23 02 18 01 81(0x80+id) 03 00 80 //去使能TPDO3
601 2F 02 1A 00 00 00 00 //清除TPDO3映射对象个数
601 2F 02 18 02 FF 00 00 00 //设置TPDO3为异步传输类型
601 2B 02 18 03 E8 03 00 00 //设置TPDO3的禁止时间为 100ms
601 2B 02 18 05 00 00 00 00 //禁用事件定时器
601 23 02 1A 01 20 00 00 20 //写入映射对象1, 2000为电机温度
601 2F 02 1A 00 01 00 00 00 //映射对象子索引00h 写入1
601 23 02 18 01 81(0x80+id) 03 00 00 //使能TPDO3
601 2B 02 18 05 64 00 00 00 //开启事件定时器, 10ms
```

CANopen通讯示例

配置 TPDO4（电机状态）

```
601 23 03 18 01 81(0x80+id) 04 00 80 //去使能TPDO4
601 2F 03 1A 00 00 00 00 //清除TPDO4映射对象个数
601 2F 03 18 02 FF 00 00 00 //设置TPDO4为异步传输类型
601 2B 03 18 03 E8 03 00 00 //设置TPDO4的禁止时间为 100ms
601 2B 03 18 05 00 00 00 //禁用事件定时器
601 23 03 1A 01 10 00 41 60 //写入映射对象1，6041为电机当前状态
601 23 03 1A 02 08 00 61 60 //写入映射对象1，6061为电机当前运行模式
601 2F 03 1A 00 02 00 00 00 //映射对象子索引00h写入2
601 23 03 18 01 81(0x80+id) 04 00 00 //使能TPDO4
601 2B 03 18 05 64 00 00 00 //开启事件定时器，10ms
```

安全注意事项

1. 一旦设备的安全保护受到损坏，设备必须立即断电，停止工作。
2. 伺服电机的轴端是高速运动的部件，请注意防护，不要用人体的任何部位触碰运动时的伺服电机。