HP 系列舵机 CAN 通信技术说明

标准帧与扩展帧 CANopen 主站接入及状态反馈

感谢您对 HP 系列舵机的关注。HP 系列舵机现有 CAN 通信协议已完成验证，提供标准帧与扩展帧两种通信选项，支持位置控制、位置反馈、状态读取、故障报警和通信守护。以下说明两种选项的实际区别、同总线多节点配置，以及机载控制系统接入时使用的通信参数。

本文适用于采用本协议的 HP 系列 CAN 舵机。各型号共用以下通信规则；额定电压、输出力矩、机械速度和实际行程按相应型号的产品规格执行。

1 标准帧与扩展帧的区别

比较项目	CANopen 标准帧选项	CANopen 扩展帧选项
CAN 标识符	11 位；数值范围 0x000–0x7FF	29 位；数值范围 0x00000000–0x1FFFFFFF
IDE 标志	IDE=0	IDE=1
CAN 帧类型	经典 CAN 标准帧；CAN 2.0B 控制器支持该格式	经典 CAN 扩展帧；采用 CAN 2.0B 格式
默认位速率	500 kbit/s	500 kbit/s
单帧载荷	最多 8 字节	最多 8 字节
节点号	1–127；0 用于广播	本协议同样使用 1–127；29 位用于扩展报文标识空间
主站设置	配置 11 位 ID 及对应报文过滤器	配置 29 位 ID 及对应报文过滤器
传输开销	相同数据量下帧较短	相同数据量下帧较长，标识符分配空间更大

标识符格式与 CANopen 的关系

11 位与 29 位描述 CAN 帧的标识符长度，CANopen 则定义对象访问、网络管理及数据交换方式。CANopen 的预定义标识符分配基于 11 位 ID，也支持 29 位 ID；具体服务和主站软件需支持相应格式。HP 系列舵机的两种通信选项均按本说明的命令、对象索引及数据格式使用。

例如，节点 0x25 的参数请求 ID 为 0x600+0x25=0x625。标准帧发送该数值时 IDE=0，扩展帧发送该数值时 IDE=1。两者在总线上是不同帧；十六进制显示中的前导零不改变帧格式。29 位扩展帧也不等同于 DroneCAN、ARINC 825 或 CANopen FD。

2 CANopen 主站接入与报文组织

接入 CANopen 主站时，主站接口需支持所选帧格式，并允许按 HP 系列舵机协议设置 CAN-ID、DLC、数据内容及应答处理方式。标准帧模式使用 11 位 CAN-ID；扩展帧模式使用 29 位 CAN-ID，接收过滤器须匹配相应 IDE 标志。

HP 系列舵机接口通过对象索引访问位置、配置和状态。主站通过自定义 CAN 报文收发功能，按下表处理控制与反馈数据。上报控制、周期位置上报和报警使用 HP 系列舵机协议定义的报文；这些报文由主站应用程序按本表解析。表中 n 表示舵机节点号。

通信功能	HP 系列舵机报文定义	主站处理方式
参数访问	请求 ID=0x600+n；回复 ID=0x580+n；DLC=8	按索引及子索引访问；接收与匹配参数回复
目标位置	对象 0x6003:00；DLC=8；位置值为 2 字节	正常执行无成功确认；通过位置反馈跟踪运动，越限错误仍需接收处理
周期位置反馈	ID=0x580+n；DLC=4；Low High 00 00	按 4 字节位置上报解析；与 8 字节参数回复按 DLC 区分
故障报警	ID=0x380+n；DLC=4	按报警数据区识别低压、过流和过温
通信守护	ID=0x700+n；主站发 RTR；回复 1 字节	周期发送守护请求，检查回复及最高位交替状态
启动与停止上报	ID=0x000+n；DLC=2；01 00 启动，02 00 停止	按节点定向发送 HP 系列舵机上报控制命令
参数保存	对象 0x1010:01；数据 73 61 76 65	下发 save 保存命令；该命令采用无应答方式

参数帧与周期数据的接收

主站同时接收周期位置和参数回复时，使用 CAN-ID、IDE、RTR 及 DLC 共同识别报文。以 0x580+n 为例，DLC=4 表示周期位置上报，DLC=8 用于参数访问回复及错误回复。数据中多字节数值采用低字节在前的排列方式。

主站软件的配置

主站按照 HP 系列舵机通信协议配置 CAN 帧格式、节点号、报文标识符及数据格式，实现指令下发和状态读取。接收程序按本表处理上报控制、4 字节位置反馈和 4 字节报警，并按各命令的应答规则管理超时。无应答命令指不返回应用层成功确认，CAN 链路层的 ACK 机制仍然有效。

标准帧和扩展帧可在兼容两种格式的 CAN 网络中共存；各舵机仍按所选帧格式通信。混合总线统一位速率，避免相同帧格式和 CAN-ID 由多个设备同时发送不同数据，并协调 0x380+n 报警及 0x580+n 位置上报与其他设备的 ID 分配。

3 同一总线上的多舵机配置与寻址

节点号与默认配置

每台舵机通过唯一节点号寻址，节点号范围为 1–127，出厂默认 0x25。节点号 0 用于广播。所有主站和舵机使用相同位速率；标准帧或扩展帧按所选通信配置使用。节点号空间与实际可接入数量分别考虑，实际挂载数量由收发器、线缆和总线负载共同决定。

用途	CAN-ID 规则	节点 0x25 示例
参数请求及位置指令	0x600+n	0x625
参数回复及周期位置反馈	0x580+n	0x5A5
低压 过流 过温报警	0x380+n	0x3A5
通信守护	0x700+n	0x725
启动 停止 准备 复位	0x000+n	0x025

多节点配置步骤

1 逐台连接使用默认节点号的舵机，以当前位速率和帧格式建立通信。
2 通过 0x3000:00 为该舵机设置唯一节点号；通过 0x3001:00 设置总线位速率。
3 发送 0x1010:01 保存命令，随后重启舵机。
4 使用新节点号和新位速率读回配置；完成全部节点配置后接入同一总线。

节点号和位速率在保存并重启后生效。逐台配置可避免多台默认地址设备同时应答。配置参数按节点定向发送，广播操作按协议定义的命令范围执行。

位速率选择

设置代码	00	01	02	03	04	05	06	07
位速率 kbit/s	20	50	100	125	250	500	800	1000

默认代码为 05，对应 500 kbit/s。整网更改位速率时，应统一更新主站与全部节点，并同步调整控制器位时序。总线采用主干布线，在主干两端配置与线缆匹配的终端电阻，并控制支线长度。

配置读取示例

节点 0x25 读取自身节点号：发送 ID=0x625、DLC=8、40 00 30 00 00 00 00 00；回复 ID=0x5A5、DLC=8、4F 00 30 00 X 00 00 00，其中 X 为节点号。IDE 按标准帧或扩展帧选项设置。

4 更新速率 位置反馈与指令延迟

项目	通信参数与数据定义
位置上报周期	默认 50 ms，即 20 Hz；可设置 10–255 ms，对应约 100–3.92 Hz。修改立即生效，保存后在重启时保留。
目标位置与位置反馈	目标对象 0x6003:00，反馈对象 0x6002:00；有符号 16 位补码，小端排列，0.1°每计数；协议位置范围±100°，实际范围按产品及限位配置。
位置数据分辨率	0.1°为通信编码分辨率；机械定位精度和重复定位精度使用各型号产品规格。
速度信息	本协议直接提供位置反馈。主控通过相邻位置变化量与实际采样间隔计算速度；该结果为主控估算值。
电流反馈	读取 0x6005:00；电流占 2 字节，无符号小端整数，单位 10 mA。通信量化步长为 0.01 A。
温度反馈	读取 0x6005:00 的温度字节；有符号 8 位补码，单位 1 ℃；数据范围−40 至 +120 ℃，测量精度±2 ℃。
指令与反馈周期	位置指令下发、位置上报和舵机内部控制使用不同时间参数。10 ms 对应位置上报的最短可设周期，内部控制频率另由固件实现。
指令延迟	由主站排队、CAN 仲裁和传输、固件处理及内部控制更新组成；机械到位时间另受型号、行程、负载和电源条件影响。

500 kbit/s 下的帧传输时间

按经典 CAN、无位填充、无错误重传并包含 3 位帧间隔计算，得到以下传输参考。实际总线时间还包含位填充、仲裁等待和重传；表中数值用于通信预算，不代表完整机械响应时间。

报文	11 位标准帧	29 位扩展帧
4 字节周期位置反馈	约 158 µs	约 198 µs
8 字节指令或参数帧	约 222 µs	约 262 µs
位置读取请求加回复 两帧均为 8 字节	约 444 µs	约 524 µs

多节点流量示例

流量预算示例：假设 10 台舵机的位置指令及位置上报均按 100 Hz 调度，每个周期各发送 1 条 8 字节指令并接收 1 条 4 字节上报。在 500 kbit/s 下，标准帧名义总线占用约 38%，扩展帧约 46%。这是报文流量估算；整网预算还需加入守护、状态读取、报警、位填充及其他设备流量。

整机指令处理频率、端到端延迟及抖动需结合具体型号、总线负载和控制系统调度评估；上述帧时长不包含固件处理与机械动作时间。速度差分使用主站记录的实际接收时间戳，估算结果受上报抖动、位置量化与滤波影响。

5 故障报告与通信可靠性

故障报警

报警类型	ID 与数据	默认状态及动作
低压	ID=0x380+n；DLC=4 0A 02 00 00	报警默认关闭，可由功能使能打开。通常在额定工作电压约 70%时触发；触发时舵机失去运转扭力，具体阈值按型号设定。
过流	ID=0x380+n；DLC=4 0A 03 00 00	报警默认开启；达到电流限制设定值时触发，输出按限流配置运行。
过温	ID=0x380+n；DLC=4 0A 04 00 00	报警默认开启；达到温度限制设定值时触发，输出按温度限制配置运行。

故障首次触发时立即上报；持续故障每 10 秒重复上报，故障消失后停止发送该报警。报警独立于周期位置上报。主站须结合通信守护及状态读取判断恢复情况；单独停止收到报警，也可能由失联或供电不足引起。

通信守护与失联位置

通信守护默认关闭，通过 0x300F 的守护扩展字节使能。启用后，主站周期发送 ID=0x700+n 的 RTR 远程帧，舵机以相同 ID 回复 1 字节数据，最高位在 0 与 1 之间交替。主站接口需支持 RTR；修改使能位时须先读取原值，并保留其他功能位。

守护间隔通过 0x100C:00 设置，范围 100–5000 ms；失联预设位置通过 0x3021:00 设置。舵机在设定时间内未收到正确守护请求时，运动到预设位置。主站将守护请求周期设置为小于守护超时间隔，并为总线调度留出余量。

控制系统分别管理位置指令更新、反馈更新和守护通信。守护采用主站请求与舵机应答机制；主站按此机制管理在线状态和超时动作。失联预设位置的执行需要舵机供电及执行机构保持正常。

读写错误与状态读取

参数读写错误以 ID=0x580+n、DLC=8 回复，首字节 80，随后包含对应索引、子索引及错误码。0x06020000 表示对象不存在，0x06010002 表示尝试写入只读对象。位置指令正常执行时不回复成功确认；超出已配置运动范围时不执行运动，并返回错误响应。

工作电流和温度通过 0x6005:00 读取；0x6001:00 提供调试状态数据。CAN 链路采用 CRC、帧校验、确认和错误处理机制；应用层通过周期反馈及通信守护管理在线状态。

控制输入优先级

0x3011:00 用于设置 PWM、CAN 与 RS485 控制输入的优先级；0x3012:00 设置切换等待时间，取值 1–250，每计数 4 ms，对应 4–1000 ms。该时间表示控制源切换等待时间，与单条 CAN 指令的传输或处理时间分别定义。

6 通信对象字典一

下表列出通信配置、校准与统计对象。R 表示读取，W 表示写入；除标注 01 的保存及恢复对象外，子索引均为 00。各对象按 HP 系列舵机通信命令访问。

索引与子索引	对象名称	访问与数据	单位或生效方式
100A:00	硬件版本	R 4 字节版本字符串	硬件版本标识
100B:00	软件版本	R 4 字节版本字符串	软件版本标识
100C:00	守护间隔	R/W 2 字节	100–5000 ms
1010:01	保存参数	W 73 61 76 65	ASCII save；无应答
1011:01	恢复出厂配置	W 6C 6F 61 64	ASCII load
2200:00	位置上报间隔	R/W 有效值 1 字节；读取回复 4B	10–255 ms；默认 50；立即生效，保存后保持
3000:00	节点号	R/W 1 字节	1–127；默认 0x25；保存重启
3001:00	位速率代码	R/W 1 字节	00–07；默认 05 即 500 kbit/s；保存重启
3002:00	中点电压	R/W 2 字节	ADC 原始值；保存重启
3003:00	角度比例	R/W 2 字节	角度校准参数；保存重启
3004:00	累计工作时间	R 4 字节；W 清零	10 min 每计数
3005:00	中点次数	R 2 字节；W 清零	次数
3006:00	上电次数	R 4 字节；W 清零	次数
3007:00	温度比例参数	R/W 1 字节	温度校准参数；保存重启
3008:00	电流比例参数	R/W 2 字节	电流校准参数；保存重启
3009:00	中点设定与读取	W 设定动作；R 2 字节位置	中点微调限±20°；立即生效，保存后保持

参数保存与配置使用

节点号、位速率及要求保存的参数在执行 save 后写入配置存储。节点号和位速率在重启后生效；位置上报间隔、中点等立即生效的参数在保存后可于重启时保持。参数设置按各命令的生效规则执行。

校准参数用于角度、电流和温度测量的匹配。应用控制通常使用位置、电流、温度及运行配置对象；校准参数按对应产品的校准流程设置。

7 通信对象字典二

索引与子索引	对象名称	访问与数据	单位或作用
300A:00	负向运动范围	R/W 带符号 2 字节	0.1°；0 至−100°；保存重启
300B:00	正向运动范围	R/W 带符号 2 字节	0.1°；0 至+100°；保存重启
300C:00	自检低位	R/W 2 字节位置	0.1°；保存重启
300D:00	自检高位	R/W 2 字节位置	0.1°；保存重启
300F:00	功能使能	R/W 功能位字段	位置方向、限制、报警及守护；写入前读取并保留其他功能位
3010:00	卸力输出	W 动作；有应答	输出扭力为 0；再次发送位置命令恢复运动
3011:00	控制源优先级等	R/W 1 字节位字段	PWM/CAN/RS485 优先级及反相
3012:00	控制源切换等待	R/W 1 字节	1–250；每计数 4 ms
3021:00	失联预设位置	R/W 2 字节位置	0.1°；配合通信守护使用
6001:00	调试状态数据	R 2 字节	S0 为低字节，S1 为高字节
6002:00	实际位置	R 带符号 2 字节	0.1°；低字节在前
6003:00	目标位置	W 带符号 2 字节	0.1°；协议范围±100°；正常执行无成功确认
6004:00	角度 ADC 值	R 2 字节	角度 ADC 原始计数
6005:00	电流与温度	R 4 字节打包数据	电流低字节、高字节、温度补码、00

数据解析示例

位置值：有符号 16 位小端整数乘 0.1°。Low=F4、High=01 表示+50.0°；Low=0C、High=FE 表示 −50.0°。电流值：(X1+256×X2)×0.01 A；温度字节按有符号 8 位补码解释为℃。

位置命令与反馈示例

节点 0x25 设置+50.0°：ID=0x625，DLC=8，数据 22 03 60 00 F4 01 00 00。读取位置：同一 ID 发送 40 02 60 00 00 00 00 00，回复 ID=0x5A5，数据 4B 02 60 00 Low High 00 00。周期位置反馈同样使用 ID=0x5A5，DLC=4，数据 Low High 00 00。

协议术语参考：CiA CANopen 及 SDO 说明（can-cia.org/can-knowledge/canopen；can-cia.org/can-knowledge/sdo-protocol）。帧结构参考 Bosch CAN Specification 2.0。HP 系列舵机命令和对象按本说明定义使用。