



8 通信协议

一、传输协议(RS-232)

手柄上电启动后，手柄每隔 20ms，自动发送一条 10 个字节的数据帧。

数据传输采用异步串口通讯方式，手柄通电后自动发送数据，数据传输遵循以下协议：

- ◆ 传输接口：标准 RS-232；
- ◆ 传输控制：异步串行，低位先传；
- ◆ 传输协议：起始位 1 位，数据位 8 位，停止位 1 位
- ◆ 传输速率：9600bps（可根据要求调整）；
- ◆ 传输频率：50Hz。

接口定义	
引线	功能
1	+5V
2	GND
3	TXD
4	RXD
5	GND(地信号)

二、数据帧格式

操作手柄发送的数据帧格式为表 1 所示：

表 1 操作手柄发送的数据帧格式

字节	内容	说明
Byte0	5AH	帧头
Byte1	A5H	帧头
Byte2	开关状态字	1 有效
Byte3	X 轴数据	左~中~右

Byte4	Byte3 高字节, Byte4 低字节	0000H~0800H~0FFFH
Byte5	Y 轴数据	后~中~前
Byte6	Byte5 高字节, Byte6 低字节	0000H~0800H~0FFFH
Byte7	Z 轴数据	逆时针~中~顺时针
Byte8	Byte7 高字节, Byte8 低字节	0000H~0800H~0FFFH
Byte9		数据帧校验字节

- ◆ Byte0, 帧头, 1 字节无符号整数, 编码为 5AH; 表示一帧的开始。
- ◆ Byte1, 帧头, 1 字节无符号整数, 编码为 A5H; 表示一帧的开始。
- ◆ Byte2, 开关状态字, 1 字节无符号整数, 表示手柄开关状态的具体内容, 详见表 2。
- ◆ Byte3, Byte4, X 轴数据, 为 2 字节无符号整数, 整数范围 00 00H~08 00H~0F FFH (0~2048~4096), Data[3]为高字节, Data[4]为低字节, 向左减小, 向右增大, 回位中点为 08 00H
- ◆ Byte5, Byte6, Y 轴数据, 为 2 字节无符号整数, 整数范围 00 00H~08 00H~0F FFH (0~2048~4096), Data[5]为高字节, Data[6]为低字节, 向后减小, 向前增大, 回位中点为 08 00H
- ◆ Byte7, Byte8, Z 轴数据, 为 2 字节无符号整数, 整数范围 00 00H~08 00H~0F FFH (0~2048~4096), Data[7]为高字节, Data[8]为低字节, 逆时针转减小, 顺时针转增大, 回位中点为 08 00H
- ◆ Byte9, 除帧头外前7个字节的异或, 1字节无符号整数, 即Byte2 ⊕ Byte3 ⊕ Byte4 ⊕ Byte5 ⊕ Byte6 ⊕ Byte7 ⊕ Byte8。

表 2 开关状态字内容

数据位		内容	含义	备注
Byte2	0	S1 开关状态	0: 断开, 1: 闭合	
	1	S2 开关状态	0: 断开, 1: 闭合	
	2	0	无意义	
	3	0	无意义	
	4	0	无意义	
	5	0	无意义	
	6	0	无意义	

	7	0	无意义	
--	---	---	-----	--

一、传输协议(RS-422)

手柄上电启动后，手柄每隔 20ms，自动发送一条 10 个字节的数据帧。

数据传输采用异步串口通讯方式，手柄通电后自动发送数据，数据传输遵循以下协议：

- ◆ 传输接口：标准 RS-422；
- ◆ 传输控制：异步串行，低位先传；
- ◆ 传输协议：起始位 1 位，数据位 8 位，停止位 1 位，无奇偶校验；
- ◆ 传输速率：9600bps（可根据要求调整）；
- ◆ 传输频率：50Hz。

接口定义		
引线	功能	颜色
1	VCC	红色
2	R+	黄色
3	R-	绿色
4	T+	蓝色
5	T-	白色
6	GND(地信号)	黑色

二、数据帧格式

操作手柄发送的数据帧格式为表 1 所示：

表 1 操作手柄发送的数据帧格式

字节	内容	说明
Byte0	5AH	帧头
Byte1	A5H	帧头
Byte2	开关状态字	1 有效
Byte3	X 轴数据	左~中~右

Byte4	Byte3 高字节, Byte4 低字节	0000H~0800H~0FFFH
Byte5	Y 轴数据	后~中~前
Byte6	Byte5 高字节, Byte6 低字节	0000H~0800H~0FFFH
Byte7	Z 轴数据	逆时针~中~顺时针
Byte8	Byte7 高字节, Byte8 低字节	0000H~0800H~0FFFH
Byte9		数据帧校验字节

- ◆ Byte0, 帧头, 1 字节无符号整数, 编码为 5AH; 表示一帧的开始。
- ◆ Byte1, 帧头, 1 字节无符号整数, 编码为 A5H; 表示一帧的开始。
- ◆ Byte2, 开关状态字, 1 字节无符号整数, 表示手柄开关状态的具体内容, 详见表 2。
- ◆ Byte3, Byte4, X 轴数据, 为 2 字节无符号整数, 整数范围 00 00H~08 00H~0F FFH (0~2048~4096), Data[3]为高字节, Data[4]为低字节, 向左减小, 向右增大, 回位中点为 08 00H
- ◆ Byte5, Byte6, Y 轴数据, 为 2 字节无符号整数, 整数范围 00 00H~08 00H~0F FFH (0~2048~4096), Data[5]为高字节, Data[6]为低字节, 向后减小, 向前增大, 回位中点为 08 00H
- ◆ Byte7, Byte8, Z 轴数据, 为 2 字节无符号整数, 整数范围 00 00H~08 00H~0F FFH (0~2048~4096), Data[7]为高字节, Data[8]为低字节, 逆时针转减小, 顺时针转增大, 回位中点为 08 00H
- ◆ Byte9, 除帧头外前7个字节的异或, 1字节无符号整数, 即Byte2⊕Byte3⊕Byte4⊕Byte5⊕Byte6⊕Byte7⊕Byte8。

表 2 开关状态字内容

数据位		内容	含义	备注
Byte2	0	S1 开关状态	0: 断开, 1: 闭合	
	1	S2 开关状态	0: 断开, 1: 闭合	
	2	0	无意义	
	3	0	无意义	
	4	0	无意义	
	5	0	无意义	
	6	0	无意义	

	7	0	无意义	
--	---	---	-----	--

一、传输协议(RS-485)

手柄上电启动后，手柄每隔 20ms，自动发送一条 10 个字节的数据帧。
数据传输采用异步串口通讯方式，手柄通电后自动发送数据，数据传输遵循以下协议：

- ◆ 传输接口：标准 RS-485；
- ◆ 传输控制：异步串行，低位先传；
- ◆ 传输协议：起始位 1 位，数据位 8 位，停止位 1 位，无奇偶校验；
- ◆ 传输速率：9600bps（可根据要求调整）；
- ◆ 传输频率：50Hz。

接口定义		
引线	功能	颜色
1	+5VDC	红色
2	GND	黑色
3	T+/A	绿色
4	T-/B	黄色

二、数据帧格式

操作手柄发送的数据帧格式为表 1 所示：

表 1 操作手柄发送的数据帧格式

字节	内容	说明
Byte0	5AH	帧头
Byte1	A5H	帧头
Byte2	开关状态字	1 有效

Byte3	X 轴数据 Byte3 高字节, Byte4 低字节	左~中~右
Byte4		0000H~0800H~0FFFH
Byte5	Y 轴数据 Byte5 高字节, Byte6 低字节	后~中~前
Byte6		0000H~0800H~0FFFH
Byte7	Z 轴数据 Byte7 高字节, Byte8 低字节	逆时针~中~顺时针
Byte8		0000H~0800H~0FFFH
Byte9		数据帧校验字节

- ◆ Byte0, 帧头, 1 字节无符号整数, 编码为 5AH; 表示一帧的开始。
- ◆ Byte1, 帧头, 1 字节无符号整数, 编码为 A5H; 表示一帧的开始。
- ◆ Byte2, 开关状态字, 1 字节无符号整数, 表示手柄开关状态的具体内容, 详见表 2。
- ◆ Byte3, Byte4, X 轴数据, 为 2 字节无符号整数, 整数范围 00 00H~08 00H~0F FFH (0~2048~4096), Data[3]为高字节, Data[4]为低字节, 向左减小, 向右增大, 回位中点为 08 00H
- ◆ Byte5, Byte6, Y 轴数据, 为 2 字节无符号整数, 整数范围 00 00H~08 00H~0F FFH (0~2048~4096), Data[5]为高字节, Data[6]为低字节, 向后减小, 向前增大, 回位中点为 08 00H
- ◆ Byte7, Byte8, Z 轴数据, 为 2 字节无符号整数, 整数范围 00 00H~08 00H~0F FFH (0~2048~4096), Data[7]为高字节, Data[8]为低字节, 逆时针转减小, 顺时针转增大, 回位中点为 08 00H
- ◆ Byte9, 除帧头外前7个字节的异或, 1字节无符号整数, 即Byte2⊕Byte3⊕Byte4⊕Byte5⊕Byte6⊕Byte7⊕Byte8。

表 2 开关状态字内容

数据位	内容	含义	备注
Byte2	0	S1 开关状态	0: 断开, 1: 闭合
	1	S2 开关状态	0: 断开, 1: 闭合
	2	0	无意义
	3	0	无意义
	4	0	无意义
	5	0	无意义

	6	0	无意义	
	7	0	无意义	

一、传输协议（CAN2.0）

操纵台通讯采用 CAN2.0 协议，帧 ID 为 0x13。上电启动后每隔 20ms，自动发送一条 10 个字节的数数据帧。数据传输采用 CANBUS 通讯方式，操纵台通电后自动发送数据，数据传输遵循以下协议：

- ◆ 传输接口：标准 CANBUS；
- ◆ 传输速率：500kbps（可根据要求调整）；
- ◆ 传输频率：50Hz；
- ◆ 帧 ID:0x13。

接口定义		
引线	功能	颜色
1	VCC	红色
2	GND	黑色
3	CAN_H	黄色（或白色）
4	CAN_L	绿色

二、数据帧格式

操作手柄发送的数据帧格式为表 1 所示：

表 1 操作手柄发送的数据帧格式

字节	内容	说明
Byte0	5AH	帧头
Byte1	A5H	帧头
Byte2	开关状态字	1 有效

Byte3	X 轴数据 Byte3 高字节, Byte4 低字节	左~中~右
Byte4		0000H~0800H~0FFFH
Byte5	Y 轴数据 Byte5 高字节, Byte6 低字节	后~中~前
Byte6		0000H~0800H~0FFFH
Byte7	Z 轴数据 Byte7 高字节, Byte8 低字节	逆时针~中~顺时针
Byte8		0000H~0800H~0FFFH
Byte9		数据帧校验字节

- ◆ Byte0, 帧头, 1 字节无符号整数, 编码为 5AH; 表示一帧的开始。
- ◆ Byte1, 帧头, 1 字节无符号整数, 编码为 A5H; 表示一帧的开始。
- ◆ Byte2, 开关状态字, 1 字节无符号整数, 表示手柄开关状态的具体内容, 详见表 2。
- ◆ Byte3, Byte4, X 轴数据, 为 2 字节无符号整数, 整数范围 00 00H~08 00H~0F FFH (0~2048~4096), Data[3]为高字节, Data[4]为低字节, 向左减小, 向右增大, 回位中点为 08 00H
- ◆ Byte5, Byte6, Y 轴数据, 为 2 字节无符号整数, 整数范围 00 00H~08 00H~0F FFH (0~2048~4096), Data[5]为高字节, Data[6]为低字节, 向后减小, 向前增大, 回位中点为 08 00H
- ◆ Byte7, Byte8, Z 轴数据, 为 2 字节无符号整数, 整数范围 00 00H~08 00H~0F FFH (0~2048~4096), Data[7]为高字节, Data[8]为低字节, 逆时针转减小, 顺时针转增大, 回位中点为 08 00H
- ◆ Byte9, 除帧头外前7个字节的异或, 1字节无符号整数, 即Byte2 ⊕ Byte3 ⊕ Byte4 ⊕ Byte5 ⊕ Byte6 ⊕ Byte7 ⊕ Byte8。

表 2 开关状态字内容

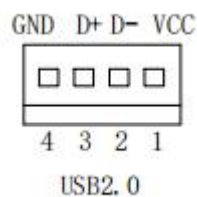
数据位		内容	含义	备注
Byte2	0	S1 开关状态	0: 断开, 1: 闭合	
	1	S2 开关状态	0: 断开, 1: 闭合	
	2	0	无意义	
	3	0	无意义	
	4	0	无意义	

	5	0	无意义	
	6	0	无意义	
	7	0	无意义	

一、传输协议（USB1.0、2.0）

手柄作为从机与主机之间通过 USB 通信方式实现操纵杆工作，支持微软操作系统、Linux(基于其架构的国产操作系统)，免驱动，从机通过 USB 接口中的电源由主机进行供电。

接口定义		
引线	功能	颜色
1	+5VDC	红色
2	D-	白色
3	D+	绿色
4	GND	黑色



二、数据帧格式

数据帧采用 4 字节定长格式，如下表，

Byte0	Byte1	Byte2	Byte3	
0xXX	0xXX	0xXX	0xXX	

主机定时查询从机状态，从机将 4 字节状态信息发送给主机，先发送字节 1，从低位 LSB 到高位 MSB 依次发送。

表 1 操作手柄发送的数据帧格式

字节	内容	说明
Byte0	开关状态字	1 有效
Byte1	X 轴数据	左~中~右 00H~80H~FFH
Byte2	Y 轴数据	后~中~前 00H~80H~FFH
Byte3	Z 轴数据	逆时针转~中~顺时针转 00H~80H~FFH

- ◆ Byte0, 开关状态字, 1 字节无符号整数, 表示手柄开关状态的具体内容, 详见表 2。
- ◆ Byte1, X 轴数据, 为 1 字节无符号整数, 整数范围 00H~80H~FFH (0~128~255), 向左减小, 向右增大, 回位中点为 80H
- ◆ Byte2, Y 轴数据, 为 1 字节无符号整数, 整数范围 00H~80H~FFH (0~128~255), 向后减小, 向前增大, 回位中点为 80H
- ◆ Byte3, Z 轴数据, 为 1 字节无符号整数, 整数范围 00H~80H~FFH (0~128~255), 逆时针转减小, 顺时针转增大, 回位中点为 80H

表 2 开关状态字内容

数据位	内容	含义	备注
Byte0	0	S1 开关状态	0: 断开, 1: 闭合
	1	S2 开关状态	0: 断开, 1: 闭合
	2	0	无意义
	3	0	无意义
	4	0	无意义
	5	0	无意义
	6	0	无意义
	7	0	无意义

模拟量输出

接口定义		
引线	功能	颜色
1	+5VDC	红色
2	GND	黑色
3	Y OUT	白色
4	X OUT	绿色
5	Z OUT	黄色
6	S1	蓝色
7		蓝色
8	S2	灰色
9		灰色

电气参数:

输入电压: +5VDC;

输出:

- ◆ X轴、Y轴: 0~2.5~5V, 误差 50mV;
- ◆ 中心电压: $2.5 \pm 0.05V$;
- ◆ 最大输出电压: 4.95~5V;
- ◆ 最小输出电压: 0~0.05V;

一、传输协议（开关量）

