

## 双轴跟踪转台通讯协议 V3.2

### 1 协议概述

转台采用一台控制箱、一块控制电路控制两个旋转轴的方式。

测控箱与计算机之间采用 RS422 口通讯，波特率：115200bps，1 个停止位，1 个起始位，无奇偶校验。

通讯内容包括：

1) 计算机——>测控箱：运动控制指令、跟踪指令、秒同步指令、秒脉冲查询指令、报警复位指令

2) 测控箱——>计算机：实时状态信息、跟踪指令反馈信息、秒脉冲查询信息

所有指令内容为字符形式，以 ASCII 码格式发送，首字节以“\$”符号开头，第二个字节为轴号（字符：1 或 2，1：内框，2：外框，），末尾两个字符为回车换行（0x0d 0x0a）。

指令分为独立控制指令和联动控制指令。跟踪指令、秒同步指令以及跟踪状态下的停车指令为联动控制指令，转台接收到这类指令后，两个轴同时相应，轴号 1 或 2 任意。其余指令为独立控制指令，转台接收到这类指令后，对应的轴分别相应同时相应。

通讯格式中通用的字符省略，即起始 1 个字符，末尾 2 个字符不再说明。

### 2 运动控制指令

运动控制指令用于电机的使能、转台运行的启动与停止。转台接收到这类指令后不返回响应信息，计算机可通过状态信息查询响应情况。运动控制指令为独立控制指令，即分别对两个旋转轴发送指令。

指令方向：计算机——>测控箱

#### 2.1 电机使能

格式：1mo=0 (内框)

2mo=0 (外框)

功能：释放电机。

说明：8 字符。转台处于任何状态下都能响应，响应指令后旋转轴为空闲状态（0#）

格式: 1mo=1 (内框)

2mo=1 (外框)

功能: 启动电机, 并锁定旋转轴

说明: 转台处于空闲且旋转轴处于静止状态下才能响应。响应指令后旋转轴为伺服状态 (1#)

## 2.2 停车

通讯格式: 1st (内框)

2st (外框)

功能: 停止转台运行。

说明: 6 字符。转台处于运动状态 (2-5#, 9-11#状态) 才能响应, 响应后旋转轴为停车状态 (8#), 完成停车后旋转轴为伺服状态 (1#)。当转台处于跟踪状态时为联动控制指令, 发 1st 或 2st, 两个轴都同时停止跟踪, 其他状态为独立控制指令。

## 2.3 回零模式旋转

通讯格式: 1z (内框)

2z (外框)

功能: 转台旋转到绝对零位。

说明: 5 字符。转台处于伺服状态 (1#状态) 才能响应回零指令, 响应后旋转轴状态为回零状态 (2#), 完成回零后旋转轴为伺服状态 (1#)。

## 2.4 位置模式旋转

通讯格式: 1p 0001 +0000.0001 +000.0000 (内框)

2p 0001 +0000.0001 +000.0000 (外框)

1) 加速度, 单位度/秒<sup>2</sup>, 字符范围: 0001-2000

2) 速度, 单位度/秒, 字符范围: ±0000.0001-±2000.0000, 在带限位开关下, 符号位无效。

3) 角度位置, 单位度, 字符范围: ±000.0000-±359.9999

功能: 转台按指定加速度、速度旋转到指定角度位置。

说明: 28 字符, 转台处于伺服状态 (1#状态) 才能响应位置指令, 响应后旋转轴状态为位置状态 (3#), 旋转到位后旋转轴为伺服状态 (1#)。由于位置限

位，速度的符号位无效。

## 2.5 速率模式旋转

通讯格式: 1v 0001 +0000.0001 (内框)

2v 0001 +0000.0001 (外框)

1) 加速度, 单位度/秒<sup>2</sup>, 字符范围: 0001-2000

2) 速度, 单位度/秒, 字符范围±0000.0001-±2000.0000

功能: 转台按指定加速度、速度旋转。

说明: 19 字符。转台处于伺服状态 (1#状态) 才能响应, 响应后旋转轴状态依次为速率执行状态 (4#)、速率稳定状态 (5#)。旋转轴按速率模式旋转时, 当运行到最大位置附近, 会自动停车。

## 2.6 摆摆模式旋转

通讯格式: 1w 010.0000 00.100 (内框)

2w 010.0000 00.100 (外框)

1) 摆摆幅度: 单位度, 字符范围: 000.0001-180.0000 (最大范围根据技术指标确定)。

2) 摆摆频率: HZ, 字符范围: 00.001-99.999 (最大范围根据技术指标确定)。

功能: 转台按指定幅度、频率进行正弦揆摆。

说明: 19 字符。转台处于伺服状态 (1#状态) 才能响应。响应指令后旋转轴状态依次为揆摆执行状态 (6#)、揆摆稳定状态 (7#)。

## 3 跟踪控制指令

跟踪控制指令为联动指令, 发送该指令后, 两个轴同时进行跟踪, 实现角位置的实时跟踪。有三种跟踪模式。

### 3.1 跟踪模式 1

#### 3.1.1 跟踪指令

上位机每隔 3 秒发送一组跟踪数据, 转台控制箱接收到数据后返回跟踪时间信息。转台控制箱对接收到的数据进行插值解算, 实现速度环和位置环的控制。

指令方向: 计算机——>测控箱

返回信息: 测控箱——>计算机

转台接收数据格式: 1r0010 +000.0001 +000.0002 +000.0003 +000.0004  
+000.0001 +000.0002 +000.0003 +000.0004

转台返回数据格式: 1r0010

1) 起始时间, 单位秒, 字符范围: 0000-3599。表示下一个三秒跟踪周期的起始时间。

2) 第 2-5 组下划线数据表示内框跟踪角度数据, 第 6-9 组下划线数据表示内框跟踪角度数据, 单位度, 字符范围: ±000.0000-±360.0000

说明: 81 字符。转台处于伺服状态 (1#状态) 或跟踪模式 1 状态 (9#状态) 下响应跟踪指令。响应后两个旋转轴状态都为跟踪模式 1 状态 (9#)。

跟踪过程: 在伺服状态下接收到第一条跟踪指令后, 转台不进行时间判断, 立即进入跟踪状态, 并以最大速度旋转到起始跟踪位置, 当到达起始跟踪时间, 转台开始三秒内的插值跟踪, 在当前的 3 秒跟踪周期内, 若转台接收到下一个跟踪周期的数据(此时会进行时间有效性判断), 则在下一个 3 秒周期会继续跟踪, 否则退出跟踪。

在跟踪模式 1 下, 上位机可以通过跟踪修正指令, 实时发送修正数据, 修正当前的跟踪角度。

转台对跟踪速度进行了限制, 如果收到的数据超出跟踪速度, 转台就以最大速度方式运行。

### 3.1.2 跟踪修正指令

在跟踪模式 1 下, 计算机可以给测控箱发送跟踪修正指令, 用于修正跟踪角度数据。转台控制箱接收到数据后立即响应, 并返回修正数据。

指令方向: 计算机——>测控箱

返回信息: 测控箱——>计算机

转台接收数据格式: 1cr+000.0001 (内框) 2cr+000.0001 (外框)

转台返回数据格式: 1cr+000.0001 (内框) 2cr+000.0001 (外框)

下划线数据表示角度修正数据, 单位度, 字符范围: ±000.0000-±360.0000, 修正数据为累计值, 初始值为零, 当发送+360.0000 时表示修正清零。

说明: 15 字符, 转台处于跟踪模式 1 状态下可以响应。

## 3.2 跟踪模式 2

上位机以 50HZ 的频率，实时发送跟踪的目标位置和目标理论速度，控制系统根据接收到的数据实现转台的位置闭环。

指令方向：计算机——>测控箱

返回信息：测控箱——>计算机

转台接收数据格式：

1/2a 360000 +000.0001 +000.0002 +0.0003 +0.0004

转台返回数据格式：1/2a 360000

第 1 组下划线表示轴号：1 或 2；

第 2 组下划线数据表示跟踪时刻 T，单位秒（范围 000000-360000），360000 表示 3600.00 秒，后两位表示 20ms 的倍数，范围 00-49；3-8

第 3 组下划线数据表示内框 T 时刻跟踪角度数据，单位度，字符范围：± 000.0000-± 270.0000；9-17

第 4 组下划线数据表示外框 T 时刻跟踪角度数据，单位度，字符范围：± 000.0000-± 270.0000；18-26

第 5 组下划线数据表示内框 T 时刻跟踪速度数据，单位度/秒，字符范围：± 0.0000 度/秒-± 9.9999 度/秒。27-33

第 6 组下划线数据表示外框 T 时刻跟踪速度数据，单位度/秒，字符范围：± 0.0000 度/秒-± 9.9999 度/秒。34-40

说明：联动控制指令，转台处于伺服状态（1#状态）或跟踪模式 2 状态（11#状态）才能开始响应跟踪指令。

数据有效性：在当前的 20ms 周期内接收的是下一个 20ms 周期结束时刻的时间值和数据。

### 3.3 跟踪模式 3

指令方向：计算机——>测控箱

格式：1/2b +000.0001 +000.0002

1) 内框跟踪角度：单位度，字符范围：± 000.0000-± 360.0000；3-11

2) 外框跟踪角度：单位度，字符范围：± 000.0000-± 360.0000；12-20

上位机以 400HZ 的频率，也就是转台的位置环控制周期 2.5ms，实时发送跟踪的目标位置，控制系统根据接收到的数据实现跟踪过程。正常运行时：转台以

2.5ms 为周期接收跟踪数据，当连续 10 次未收到数据，则退出跟踪。

与跟踪模式 2 的区别是：不返回信息；没有时间信息，不进行时间有效性判断；数据频率提升，转台不需要做插值，而是直接根据接收的角度控制位置环输入。

说明：22 字节。转台处于伺服状态（1#状态）或跟踪模式 3 状态（12#）才能开始响应该指令，响应后两个旋转轴状态都为跟踪模式 3 状态（12#）。

### 3.4 跟踪模式 4

上位机以 100HZ 的频率，每隔 10ms 发送跟踪的目标位置，控制系统根据接收到的数据实现转台的位置闭环。

指令方向：计算机——>测控箱

返回信息：测控箱——>计算机

转台接收数据格式：1/2d001000 +000.0001 +000.0002

转台返回数据格式：1/2d001000

1) 跟踪时刻：单位 10ms，每 10ms 周期内转台接收的跟踪数据应为当前 10ms 周期末点的角度值；3-8

2) 内框跟踪角度：单位度，字符范围：±000.0000-±360.0000；8-16

3) 外框跟踪角度：单位度，字符范围：±000.0000-±360.0000。17-25

说明：28 字节。转台处于伺服状态（1#状态）或跟踪模式 4 状态（13#）才能开始响应该指令，响应后两个旋转轴状态都为跟踪模式 4 状态（13#）。

跟踪过程：在伺服状态下接收到第一条跟踪指令后，转台进行时间有效性判断，若接收到的跟踪时刻为当前的 10 毫秒末时刻，立即进入跟踪状态，否则不响应。

在第一个 10ms 跟踪周期内，转台以起始位置和接收到的跟踪角度进行线性插值，得到位置环角度值。第二个 10ms 跟踪周期内，在接收到跟踪数据前，转台用前一周期的数据进行插值外推，当接收到跟踪数据后，转台用当前周期的首末点数据进行插值。转台允许偶然没有接收到数据，在此情况下，转台依据前面接收的数据进行插值外推。当连续 3 次没有接收到数据后，自动停止跟踪。

## 4 时间同步指令

通过秒脉冲与同步指令实现转台控制箱与上位机的时间同步，上位机发送同

步指令，表示该时刻为起始零秒，上位机可通过查询状态信息确认。时间计数以秒为单位，计数范围为 0-3599。

指令方向：计算机——>测控箱

格式：1tm

说明：6 字符，轴号：1 或 2，转台处于非运动状态（0#、1#状态）下都能响应。

## 5 秒脉冲查询指令

上位机可对转台是否接收到秒脉冲信号进行查询。当转台接收到秒脉冲信息 3 秒后，秒脉冲标志有效。

指令方向：计算机——>测控箱

返回信息：测控箱——>计算机

转台接收数据格式：1y

转台返回数据格式：1y0 无秒脉冲信号

1y1 有秒脉冲信号

说明：5 字符，轴号：1 或 2，转台处于任何状态下都能响应。

## 6 报警复位指令

在转台出现报警状态后，将不响应该指令以外的任何指令，通过该指令可以清除报警信息，复位转台。

指令方向：计算机——>测控箱

转台接收数据格式：RST

说明：6 字符，转台报警后才能响应。

## 7 状态信息

指令方向：测控箱——>计算机

测控箱每 10ms 发送一次状态信息，每组状态数据有 56 个字符，除去首末 3 个通用字符，其内容为 8 个部分，每个部分中间加空格字符：

秒时间（4 个字符）+ 序号（2 个字符）+ 内框状态代码（2 个字符）+ 内框

角度值(9个字符) + 内框控制偏差(9个字符) + 外框状态代码(2个字符)  
+ 外框角度值(9个字符) + 外框控制偏差(9个字符)

1) 状态代码: 0: 空闲

- 1: 伺服
- 2: 回零执行中
- 3: 位置执行中
- 4: 速率执行中
- 5: 速率稳定
- 6: 摆摆执行中
- 7: 摆摆稳定
- 8: 停车执行中
- 9: 跟踪模式1(3s)执行中
- 10: 停止跟踪
- 11: 跟踪模式2(20ms)执行中
- 12: 跟踪模式3(2.5ms)执行中
- 13: 跟踪模式4(10ms)执行中
- 31: 驱动器报警
- 32: 伺服超差报警
- 35: 时钟同步报警
- 36: 初始化信息报警
- 37: 限位开关同时导通,
- 38: 编码器数据故障报警

- 2) 秒时间: 表示当前的半秒时间值, 范围 0000-3599;
- 3) 序号: 表示当前的 10 毫秒时间值, 序号范围: 00-99。
- 4) 角度值: 当前绝对角度值, 范围: ±000.0000-±359.9999。
- 5) 控制偏差: 角度的控制偏差值, 范围: ±000.0000-±359.9999。

## 8 指令示例

\$1mo=0 释放电机

\$1mo=1 使能电机

\$1st 停车

\$1z 回零

\$1p0001+0002.0000+020.0000 位置指令：加速度： $1^{\circ} /s^2$ ，速度： $1^{\circ} /s$ ，位  
置： $20^{\circ}$

\$1v0010-0002.2000 速率指令：加速度： $10^{\circ} /s^2$ ，速度： $-2.2^{\circ} /s$

\$1w005.000000.200 摆摆指令：揆摆幅度： $5^{\circ}$ ，揆摆频率 0.2HZ

\$1tm 时间同步

跟踪模式 1 指令（2 条）：

\$1r0010+001.0000+002.0000+003.0000+004.0000+001.0000+002.0000+003.000  
0+004.0000

\$1r0013+004.0000+005.0000+006.0000+007.0000+004.0000+005.0000+006.000  
0+007.0000

\$1cr+360.0000 角度修正指令：清除角度修正值

\$1cr+000.0500 角度修正指令：修正角度： $0.05^{\circ}$

\$1a000500+000.0400+000.0400+9.0000-8.1234 跟踪模式 2

\$1b+000.0400+000.0400 跟踪模式 3

\$1d000500+000.0400+000.0400 跟踪模式 4

\$1y 秒脉冲查询指令

\$RST 复位指令