

双轴跟踪转台通讯协议 V5.02

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#），当在联动模式下：跟踪（9#-15#），执行该指令时，两个轴同时释放。

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#、12#、14#、15#) 才能响应, 2#-5#响应后旋转轴为运动停车状态 (8#), 其余为跟踪停车状态 (10#)。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#) 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 0.01 度/秒², 范围: 0001-9999, 对应 0.01-99.99 度/秒²。

2) 速度, 单位度/秒, 字符范围: ±0000.0001-±0010.0000, 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-±270.0000 (以实际角度范围为准)

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#) 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 0.01 度/秒²，范围：0001-9999，对应 0.01-99.99 度/秒²。

2) 速度，单位度/秒，字符范围±0000.0001-±0010.0000

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#）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 摇摆模式旋转

通讯格式：1w 010.0000 00.100 (内框)

2w 010.0000 00.100 (外框)

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

2) 摇摆频率：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、频率进行正弦摇摆。

说明：19 字符。转台处于伺服状态（1#）才能响应。响应指令后旋转轴状态依次为摇摆执行状态（6#）、摇摆稳定状态（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，两个轴同时进行角位置的实时跟踪。有四种跟踪模式。

3.1 跟踪模式 1：3 秒模式

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，跟据插值数进行跟踪控制。

指令方向：计算机——>测控箱

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

1) 第 1 组下划线表示：跟踪时间，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。3-6

2) 第 2-5 组下划线数据表示：内框起始时间开始每隔 1 秒的 4 跟踪角度数据，单位度，字符范围：±000.0000-±270.0000（以实际角度范围为准）。7-42

3) 第 6-9 组下划线数据表示：外框起始时间开始每隔 1 秒的 4 跟踪角度数据，单位度，字符范围：±000.0000-±270.0000（以实际角度范围为准）。43-78

说明：81 字符。转台处于伺服状态（1#）或跟踪模式 1 状态（9#）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#）。在接收到有效数据后的下一个状态信息会在末尾显示命令提示字符“r”。

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。

特殊情况：由于第一次发送的跟踪数据不进行时间判断，可以在任意时刻发送，因此当接收到的时间值大于当前时间值，则转台进入跟踪状态，并将等待到下一个 3600 秒周期后开始跟踪。

修正功能：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。

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

3.5 跟踪模式 2：1 秒模式

上位机每 1 秒发送一组跟踪数据，包含下一秒内 200 组(5 毫秒一个组)跟踪目标位置，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

转台接收数据格式：

1e0010 内框绝对数据 1（9 个字节）

外框绝对数据 1（9 个字节）

内框相对数据 2 (3 个字节)

外框相对数据 2 (3 个字节)

内框相对数据 3 (3 个字节)

外框相对数据 3 (3 个字节)

... ..

内框相对数据 200 (3 个字节)

外框相对数据 200 (3 个字节)

内框角度数据累加校验和 (7 个字节)

外框角度数据累加校验和 (7 个字节)

1) 第 1 组下划线: 跟踪起始时间, 单位秒, 字符范围: 0-3599。表示下一个跟踪周期的起始时间。首次发送跟踪指令不进行时间有效性判断, 如: 从第 10 秒开始跟踪, 则在 10 秒前的任意时间发送跟踪指令都可以进入跟踪状态, 在 10-11 秒之间, 需要发送第 11 秒的跟踪数据, 以此类推。

2) 第 2、3 组下划线: 表示每一秒的起始跟踪数据, 第 2 组为内框数据, 第 3 组为为外框数据。9 字节, 单位度, 字符范围: ± 000.0000 - ± 359.9999 。

3) 第 4 组以后的下划线: 表示每一秒的第 2-200 组跟踪数据, 数据采用以前一组的数据为基准的增量表示方法。3 字节, 单位万分之一度, 字符范围: 000-999。当数据 ≥ 500 表示负值 (数值-500 表示绝对值), 如: 501 表示-1。

如某一秒的前三组跟踪数据 +080.0000, -010.0000

080.0020, -010.0020

080.0010, -010.0010

则对应的发送数据为: +080.0000-010.0000 020520 510010(实际数据无空格, 空格只是为了表示方便)

4) 最后两组下划线: 内外框角度校验数据, 校验方法, 起始绝地角度 7 位数据 (不含符号位、小数点) 和相对角度的 199 个数据进行累加, 得到的 7 位十进制数。

说明: 1235 字符。转台处于伺服状态 (1#状态) 或跟踪模式 2 状态 (14#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 2 状态 (14#)。在接收到有效数据后的下一个状态信息会在末尾显示命令提示字符 “e”。

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，转台开始一秒内的插值跟踪，在当前的 1 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 1 秒周期会继续跟踪，否则退出跟踪。

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。

3.2 跟踪模式 3：250 毫秒模式

上位机数据间隔为 250 毫秒，每隔 1 秒发送一组 1 秒内 5 个点的跟踪数据，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，根据插值数进行跟踪控制。

指令方向：计算机——>测控箱

转台接收数据格式：

1g0010 +000.0001 +000.0002 +000.0003 +000.0004 +000.0005
+000.0001 +000.0002 +000.0003 +000.0004 +000.0005

1) 1g: 跟踪模式 6 固定字符。1-2

2) 第 1 组下划线表示：跟踪时间，单位秒，字符范围：0000-3599。表示下一个 1 秒跟踪周期的起始时间。3-6

3) 第 2-6 组下划线数据表示：内框起始时间开始每隔 250 毫秒的 5 个跟踪角度数据，单位度，字符范围：±000.0000-±270.0000（以实际角度范围为准）。7-51

7-51

4) 第 6-9 组下划线数据表示：外框起始时间开始每隔 250 毫秒的 5 个跟踪角度数据，单位度，字符范围：±000.0000-±270.0000（以实际角度范围为准）。52-96

52-96

说明：99 字符。转台处于伺服状态（1#）或跟踪模式 6 状态（16#）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#）。在接收到有效数据后的下一个状态信息会在末尾显示命令提示字符“g”。

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，转台开始一秒内的插值跟踪，在当前的一秒跟踪周期内，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），则在下一个一秒周期会继续跟踪，否则退出跟踪。

特殊情况：由于第一次发送的跟踪数据不进行时间判断，可以在任意时刻发送，因此当接收到的时间值大于当前时间值，则转台进入跟踪状态，并将等待到下一个 3600 秒周期后开始跟踪。

修正功能：在跟踪模式 6 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。

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

3.3 跟踪模式 4：40 毫秒模式

上位机以 25HZ 的频率，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转台的位置闭环。

指令方向：计算机——>测控箱

转台接收数据格式：1/2f 001000 +000.0001 +000.0002

第 1 组下划线表示：轴号，1 或 2，以及跟踪类型：f；1-2；

第 2 组下划线数据表示：跟踪时刻 T，前 4 位表示秒，范围 0000-3599，后两位表示 10ms 的倍数，范围 00-96；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（以实际角度范围为准）；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（以实际角度范围为准）；18-26

说明：29 字节，联动控制指令，转台处于伺服状态（1#）或 40ms 跟踪模式状态（11#）才能开始响应跟踪指令。在接收到有效数据后的下一个状态信息会在末尾显示命令提示字符“f”。

数据有效性：在当前的 40ms 周期内接收的是下一个 40ms 周期起始时刻的时间值和数据。

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下一个的 40 毫秒时刻，立即进入跟踪状态，否则不响应。在每一个 40ms 跟踪周期内，转台以首末两个跟踪角度进行线性插值，得到位置环角度值。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 5 次没有接收到数据后，自动停止跟踪。

3.5 跟踪模式 5：20 毫秒模式

上位机以 50HZ 的频率，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转台的位置闭环。

指令方向：计算机——>测控箱

转台接收数据格式：1/2a 001000 +000.0001 +000.0002

第 1 组下划线表示：轴号，1 或 2，以及跟踪类型：a； 1-2；

第 2 组下划线数据表示：跟踪时刻 T，前 4 位表示秒，范围 0000-3599，后两位表示 10ms 的倍数，范围 00-98； 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（以实际角度范围为准）； 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（以实际角度范围为准）； 18-26

说明：29 字节，联动控制指令，转台处于伺服状态（1#）或 20ms 跟踪模式状态（11#）才能开始响应跟踪指令。在接收到有效数据后的下一个状态信息会在末尾显示命令提示字符“a”。

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

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下一个的 20 毫秒时刻，立即进入跟踪状态，否则不响应。在每一个 20ms 跟踪周期内，转台以首末两个跟踪角度进行线性插值，得到位置环角度值。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 10 次没有接收到数据后，自动停止跟踪。

3.6 跟踪模式 6：5 毫秒模式

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-±270.0000； 3-11

2) 外框跟踪角度：单位度，字符范围：±000.0000-±270.0000； 12-20

上位机以 200HZ 的频率，也就是转台的位置环控制周期 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 5ms 为周期接收跟踪数据，如果当前 5ms 没有接收到数据，则以前两次的数据进行线性递推，当连续 40 次未收到数据，则退出跟踪。

与跟踪模式 3、模式 4 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：23 字节。转台处于伺服状态（1#）或跟踪模式 5 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 5 状态（12#）。在接收到有效数据后的下一个状态信息会在末尾显示命令提示字符“b”。

3.7 跟踪修正指令

在跟踪模式 1、模式 2、模式 6 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。修正角度采用累加方式。

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+000.0001

转台返回数据格式：1cr

下划线数据表示角度修正数据，前面表示内框修正量，后面表示外框修正量。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：24 字符，转台处于跟踪模式 1、模式 2 状态（9#，14#，16#）下可以响应。在接收到有效数据后的下一个状态信息会在末尾显示命令提示字符“c”。

4 时间设置指令

该指令可实现转台控制箱与上位机的时间同步。上位机发送指令，表示设置当前秒时间为设定值。

指令方向：计算机——>测控箱

格式：1tm0000

下划线数据表示设置的秒时间，范围为 0000-3599。

说明：10 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 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。

6 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 58 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：

时间（秒值 4 个字符+序号 2 个字符）+ 秒脉冲状态（1 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）+ 跟踪命令提示字符

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: 摇摆执行中
- 7: 摇摆稳定
- 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 5 (20ms) 执行中
- 12: 跟踪模式 6 (5ms) 执行中
- 14: 跟踪模式 2 (1s) 执行中
- 15: 跟踪模式 4 (40ms) 执行中
- 16: 跟踪模式 3 (250ms) 执行中
- 31: 驱动器报警
- 32: 伺服超差报警
- 33: 正向限位报警
- 34: 逆向限位报警
- 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
- 41: 瞬态电流报警
- 42: 连续电流报警

2) 时间: 秒: 表示当前的半秒时间值, 范围 0000-3599; 序号: 表示当前的 10 毫秒时间值, 序号范围: 00-99。

3) 秒脉冲状态: 0: 未接收到秒脉冲, 1: 已接收到秒脉冲

4) 角度值: 当前绝对角度值, 范围: $\pm 000.0000 - \pm 359.9999$ 。

5) 控制偏差: 角度的控制偏差值, 范围: $\pm 000.0000 - \pm 359.9999$ 。

6) 跟踪命令提示字符: 转台接收到以下指令后, 会在下一条状态信息的末尾显示跟踪命令提示字符。没有收到指令则该字符为空格符号。

r: 3s 跟踪模式

e: 1s 跟踪模式
 g : 250ms 跟踪模式
 f : 40ms 跟踪模式
 a : 20ms 跟踪模式
 b : 5ms 跟踪模式
 c: 跟踪修正指令模式

7 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： $0.01^{\circ}/s^2$ ，速度： $2^{\circ}/s$ ，
 位置： 20°

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

\$1w005.000000.200 摇摆指令：摇摆幅度： 5° ，摇摆频率 0.2HZ

\$1tm 时间同步

3s 跟踪模式指令（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+000.0500 角度修正指令：内框清除角度修正值，外框修正角
 度： 0.05°

\$1f000504+000.0400+000.0400 40ms 跟踪模式

\$1a000502+000.0400+000.0400 20ms 跟踪模式

\$1b+000.0400+000.0400 5ms 跟踪模式

\$1g0010+001.0000+002.0000+003.0000+004.0000+005.0000+001.0000+002.00

00+003.0000+004.0000+005.0000 250ms 跟踪模式

\$1y 秒脉冲查询指令

\$RST 复位指令