

高精度三轴仿真转台 使用说明书

北京军达腾飞科技有限公司

2023 年 03 月

1 概述

本使用说明书仅适用于高精度三轴仿真转台。该转台具有位置、速率、摇摆和仿真等运动功能，可为被测负载提供精准的定位、速率基准和实时仿真，广泛应用于惯性器件测试和飞行器姿态系统模拟仿真。

2 技术参数

主要技术指标以技术协议为准；

3 使用方法

3.1 转台开机及测试步骤：

- 1) 安装被测产品，清理转台台面，保证台面上无不相干的物品；
- 2) 检查线缆连接及供电是否正确，检查开关和按钮处于弹起状态；
- 3) 状态单元的供电顺序，首先按下控制电源，再按下动力电源，给系统供电。按下外框使能，中框使能和内框使能。



图 1 状态监控单元

- 4) 打开工控机后，双击位于桌面上的高精度三轴仿真转台图标，输入北京军达提供的有效期内的账号和密码，进入高精度三轴仿真转台的测试软件。

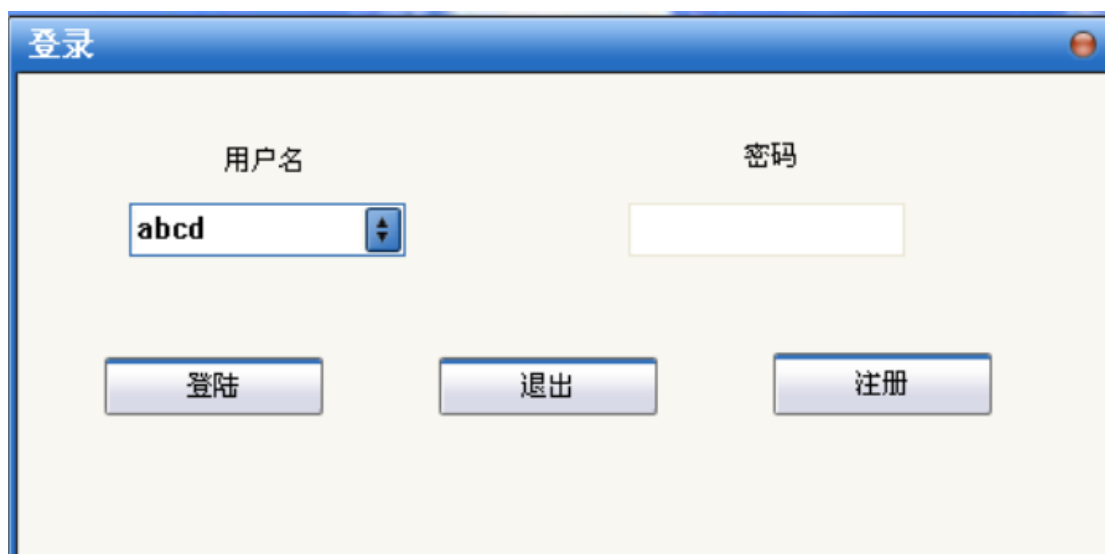


图 2 登录界面

- 5) 系统自检。
- 输入账号和密码正确无误后，系统自动进入自检状态，检测系统的运行环境，控制卡的安装状态等等。

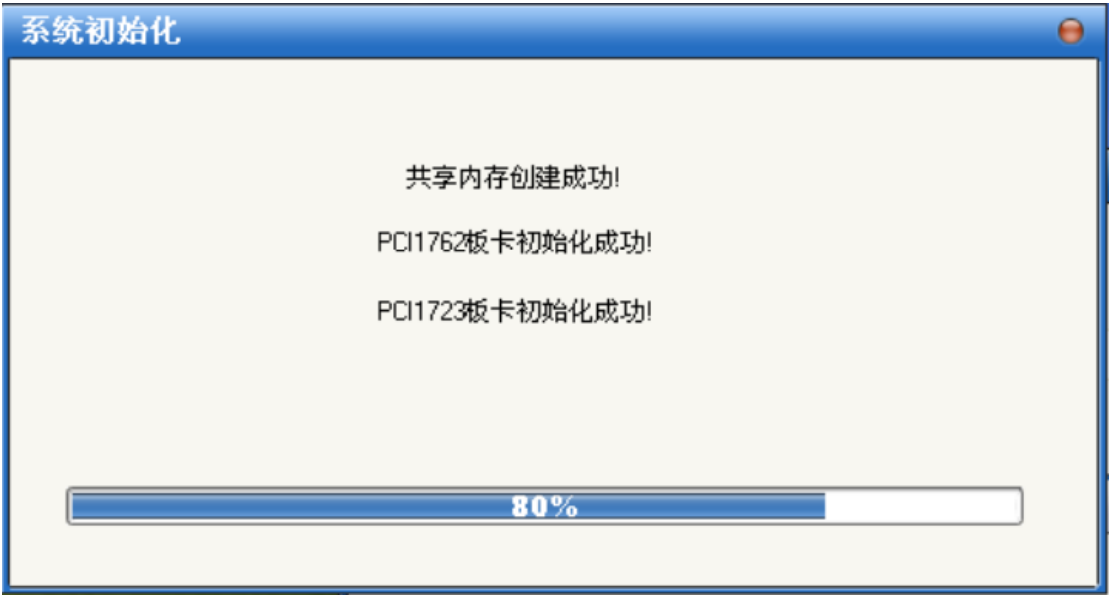


图 3 系统初始化

- 6) 软件主界面
- 自检完成后，测控软件自动进入主界面，如下图 4 所示。

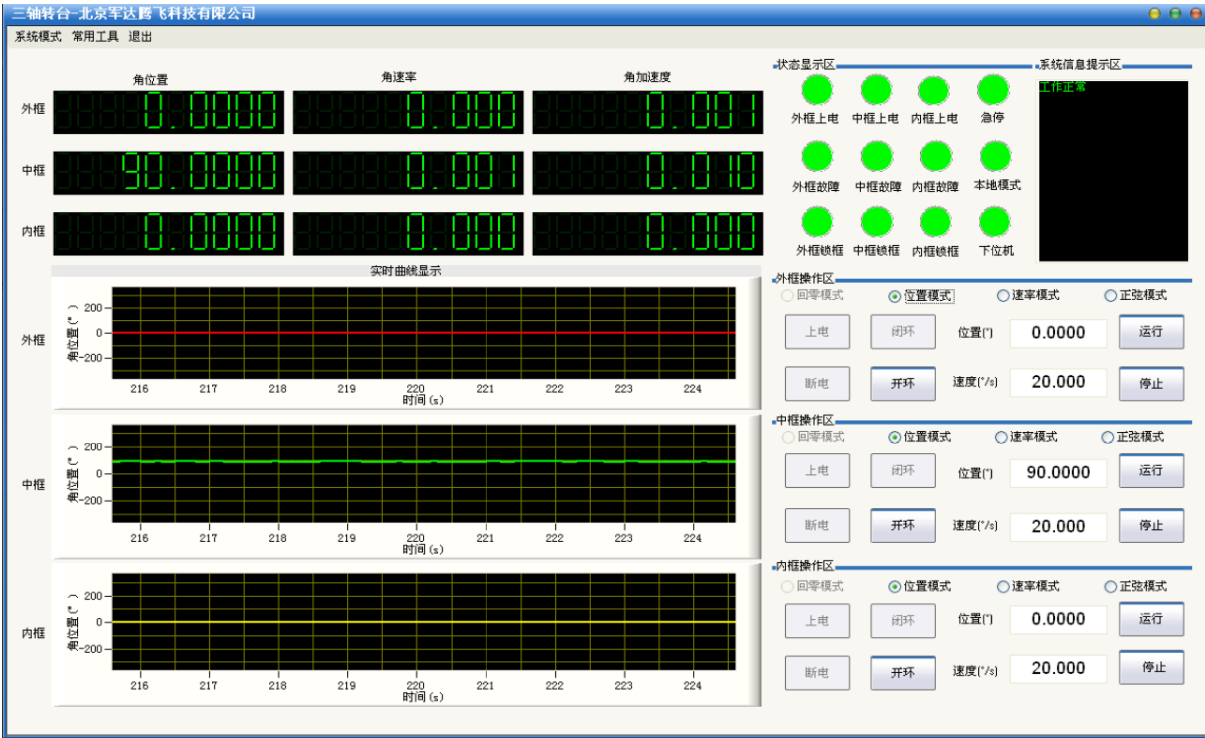


图 4 软件主界面

系统当前默认为回零模式，依次点击“外框上电”、“外框闭环”、“中框上电”、“中框闭环”、“内框上电”、“内框闭环”、“外框开始”，“中框开始”、“内框开始”按钮，进行三框回零操作；

7) 位置模式

三框回零模式操作完成后，自动跳到位置模式，如图 5 所示。

在位置模式下，可设置目标位置和走位速率，并运行即可，高精度三轴仿真转台按照指定速率运行到目标位置，运行过程中可点击停止按钮，停止当前位置运动，停止速率仍为走位速率。



图 5 位置模式

8) 速率模式

点击速率模式，进入速率模式运行，如图 6 所示。

用户可设置速率和加速度，转台加速达设置速率，并进入平稳状态，以此速率运行，当运行停止命令，按设置加速度至速率为零。



图 6 速率模式

9) 摇摆模式/正弦模式

点击正弦模式，进入正弦模式下运行，如图 7 所示。

用户设置摇摆的赋值和频率，执行运行命令，停止命令可停止当前的摇摆运动。



图 7 正弦模式

10) 数据显示区

三框的角位置、角速率和角加速度，如图 8 所示。

角位置为实时采集的圆光栅数据，角速率为角位置的差分值，角加速度为角速率的差分值。数据更新频率为 20HZ。



图 8 三框数据显示

11) 状态显示区

显示三框上电、故障、锁框等信息。

外框上电，绿色为已上电，红色为未上电；

中框上电，绿色为已上电，红色为未上电；

内框上电，绿色为已上电，红色为未上电；

外框故障，绿色为无故障，红色为故障；

中框故障，绿色为无故障，红色为故障；

内框故障，绿色为无故障，红色为故障；

外框锁框，绿色为未锁框，红色为已锁框；

中框锁框，绿色为未锁框，红色为已锁框；

内框锁框，绿色为未锁框，红色为已锁框；

急停，绿色为急停按钮未按下，红色为急停按钮按下状态；

本地模式，绿色未本地模式，测控软件可以直接控制转台，浅黄色为远程模式，用户可以通过通讯协议控制转台。

下位机，绿色为下位机无故障，红色为下位机故障。

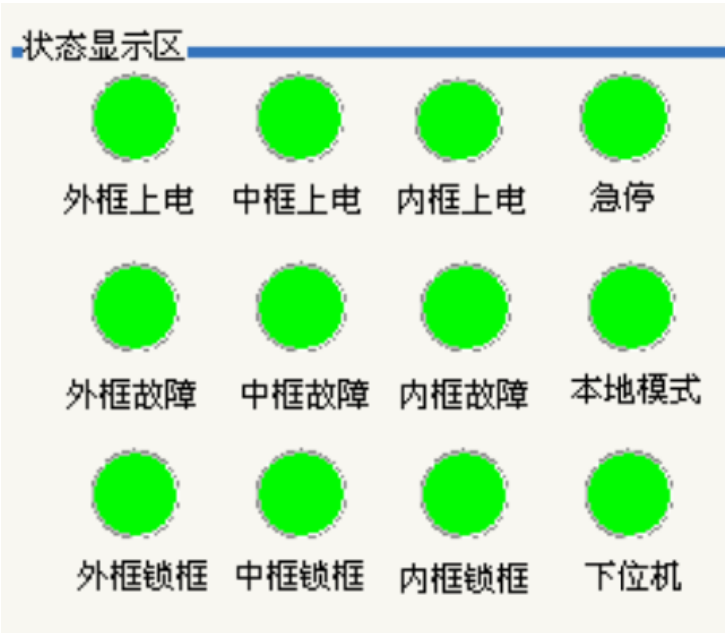


图 9 状态显示区

12) 系统信息提示区

系统运行状态信息等提示用户，例如轴超差，控制卡故障等等。

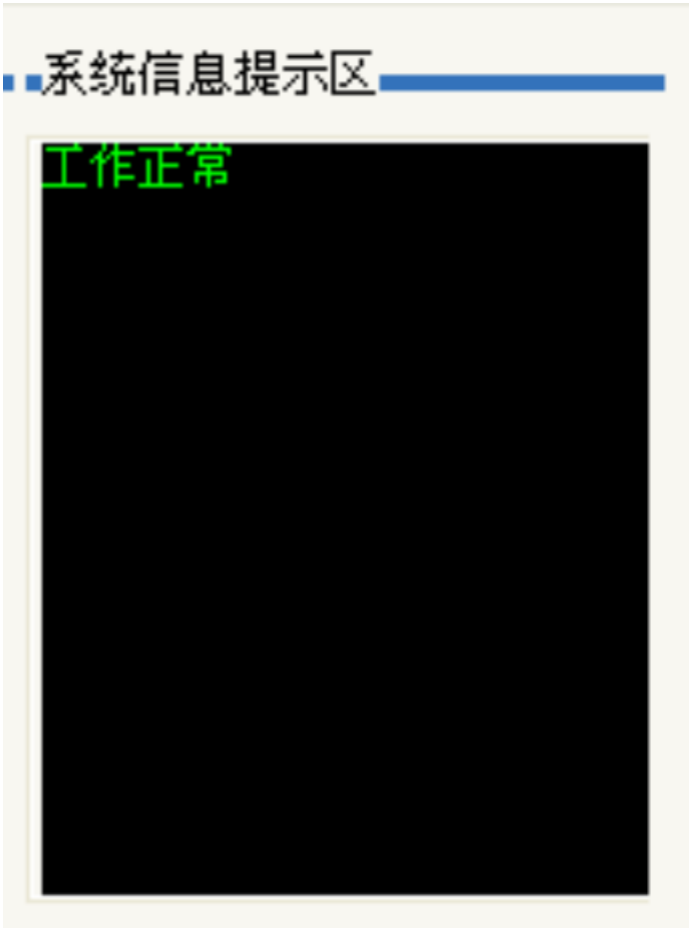


图 10 系统信息提示区

13) 实时曲线显示区

实时显示三框的角位置、角速率和角加速度。

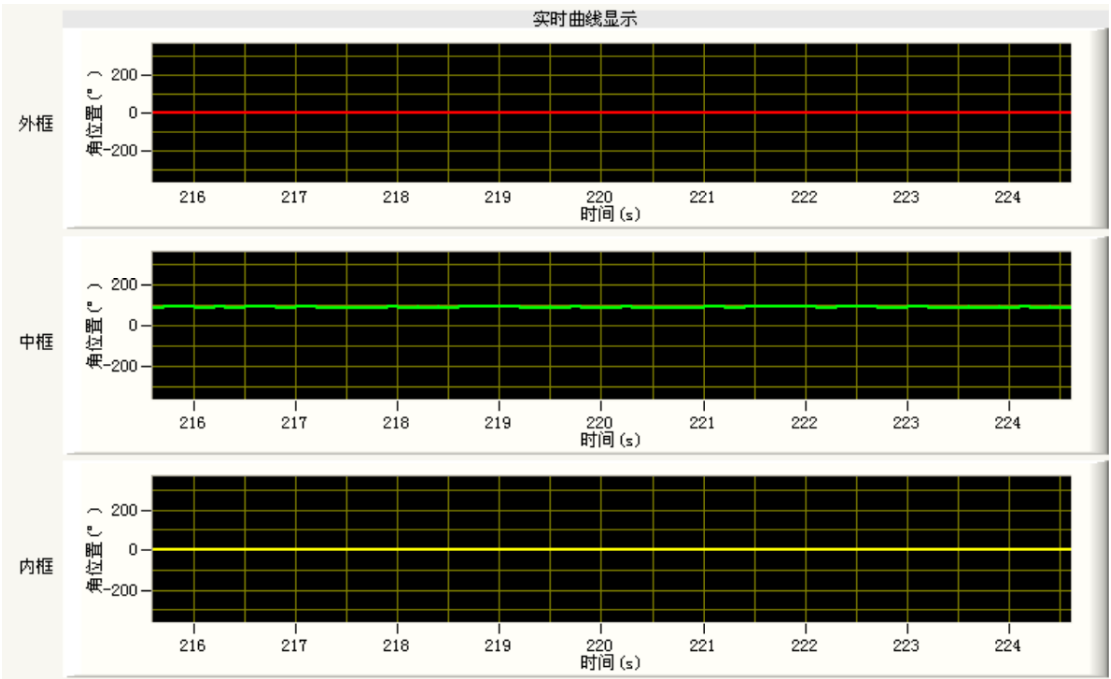


图 11 三框实时曲线显示区

双击图像设置图像的显示参数，采样间隔为 1ms 和 100ms 可选，因 1ms 数据较多，故建议选择默认采样时间间隔 100ms，角位置，角速率和角加速度均可选择，设置图像显示的上下限。



图 12 曲线设置

14) 系统模式

系统模式设置可以分为本地控制和、远程控制和仿真控制。
本地控制指测控软件直接发送控制命令，测控高精度三轴仿真转台；
远程控制指用户通过 RS232 接口（com1），根据通讯协议，发送控制命令直接控制转台。
仿真控制通过仿真机端对转台端实时控制，控制周期默认为 1ms。

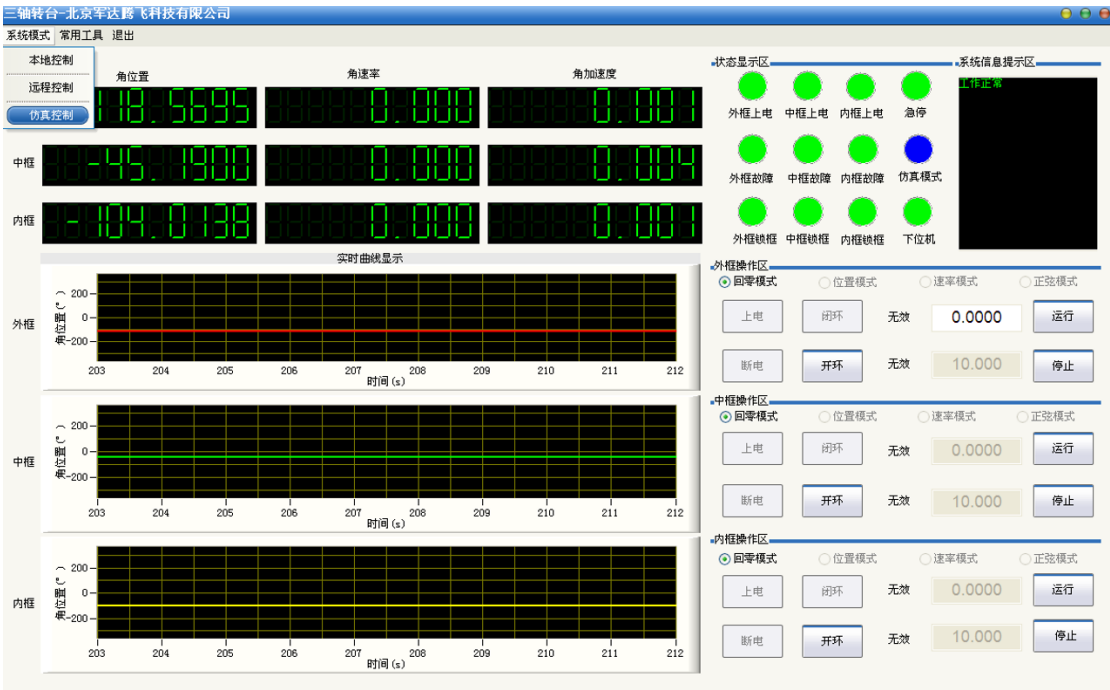
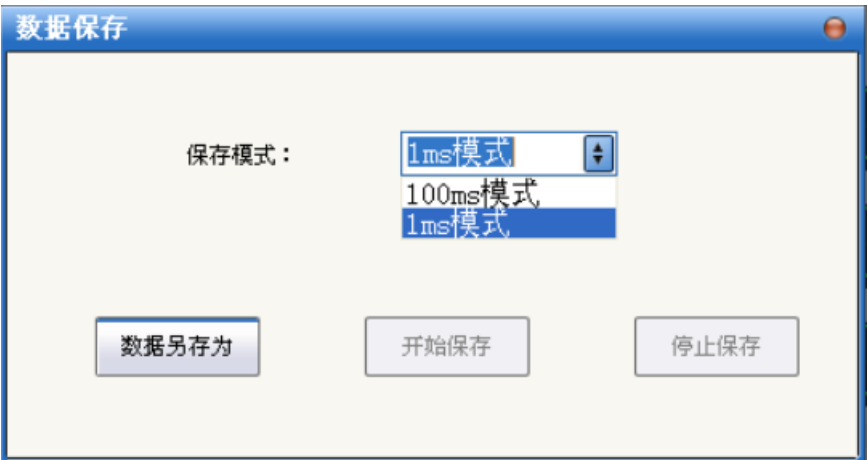


图 13 系统模式设置

- 15) 位置补偿/常用工具
系统重要数据，为防止用户误操作，暂不对用户开放。
- 16) 低速测试/常用工具
系统重要数据，为防止用户误操作，暂不对用户开放。
- 17) 保护设定/常用工具
系统重要数据，为防止用户误操作，暂不对用户开放。
- 18) 参数设定/常用工具
系统重要数据，为防止用户误操作，暂不对用户开放。
- 19) 参数设定/常用工具
保存转台的运行数据，采样周期可选 100ms 和 1ms；
首先点击数据另存为，选择保存数据的位置，并命名文件。



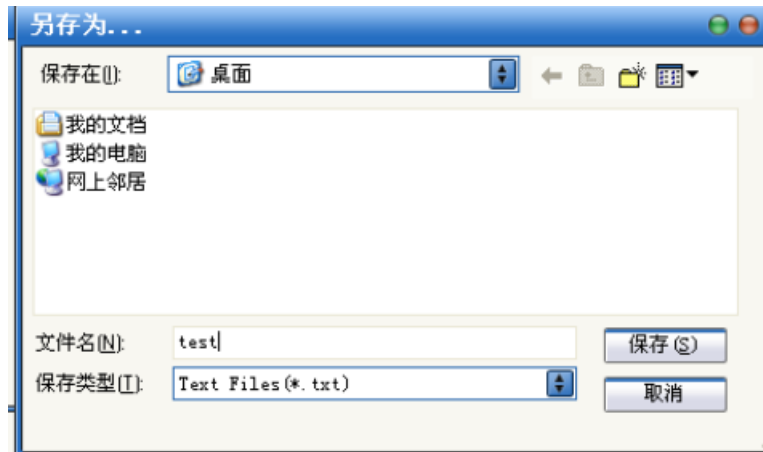


图 14 实时数据保存

xx.txt. 数据的格式依次为序号, 外框角位置、外框角速度、外框角加速度、外框仿真命令、中框角位置、中框角速度、中框角加速度、中框仿真命令、内框角位置、内框角速度、内框角加速度、内框仿真命令, 如图 15。

```
p. 0.09820 30.06943 -9.65761 0.14939 0.96879 1.11817 -7.08019 0.99960 0.65719 -18.82345 -8.10565 0.58607
1. 0.12888 30.67791 6.08485 0.17920 0.96912 0.33203 -7.86146 0.99840 0.63795 -19.24338 -4.19931 0.56559
2. 0.15924 30.35972 -3.18199 0.20874 0.96868 -0.43457 -7.66614 0.99641 0.61892 -19.02365 2.19731 0.54493
3. 0.18853 29.28790 -10.71827 0.23799 0.96747 -1.21583 -7.81263 0.99361 0.59904 -19.88791 -8.64277 0.52412
4. 0.21830 29.77915 4.91254 0.26691 0.96548 -1.99220 -7.76380 0.99003 0.57942 -19.61936 2.68561 0.50320
5. 0.24702 28.71850 -10.60662 0.29551 0.96277 -2.70998 -7.17785 0.98565 0.55913 -20.28831 -6.68960 0.48218
6. 0.27618 29.16230 4.43803 0.32375 0.95935 -3.41310 -7.03137 0.98049 0.53860 -20.53245 -2.44146 0.46111
7. 0.30498 28.79665 -3.65649 0.35163 0.95505 -4.30666 -8.93569 0.97455 0.51850 -20.09299 4.39463 0.44000
8. 0.33267 27.68576 -11.10904 0.37912 0.95015 -4.89749 -5.90830 0.96784 0.49776 -20.74242 -6.49428 0.41889
9. 0.36069 28.02908 3.43319 0.40621 0.94445 -5.70316 -8.05677 0.96036 0.47750 -20.25901 4.83409 0.39782
10. 0.38759 26.89865 -11.30442 0.43287 0.93787 -6.57230 -8.69155 0.95211 0.45674 -20.76683 -5.07824 0.37680
11. 0.41480 27.20289 3.04242 0.45910 0.93080 -7.07035 -4.98055 0.94312 0.43647 -20.26878 4.98058 0.35587
12. 0.44155 26.75071 -4.52177 0.48487 0.92289 -7.91020 -8.39858 0.93338 0.41577 -20.69359 -4.24814 0.33507
13. 0.46717 25.62308 -11.27651 0.51018 0.91438 -8.51567 -6.05479 0.92291 0.39512 -20.65452 0.39063 0.31441
14. 0.49302 25.84637 2.23297 0.53499 0.90499 -9.38482 -8.69155 0.91171 0.37512 -20.00022 6.54311 0.29393
15. 0.51766 24.64616 -12.00223 0.55931 0.89480 -10.19537 -8.10560 0.89981 0.35470 -20.42015 -4.19931 0.27366
16. 0.54246 24.80247 1.56308 0.58311 0.88424 -10.56158 -3.66217 0.88720 0.33499 -19.71213 7.08023 0.25362
17. 0.56619 23.72228 -10.80200 0.60637 0.87275 -11.48444 -9.22867 0.87390 0.31502 -19.96604 -2.53912 0.23385
18. 0.58999 23.80043 0.78154 0.62909 0.86089 -11.86530 -3.80866 0.85993 0.29525 -19.77073 1.95317 0.21437
19. 0.61322 23.23940 -5.61034 0.65124 0.84795 -12.93952 -10.74236 0.84530 0.27626 -18.99435 7.76384 0.19521
20. 0.63527 22.05036 -11.89058 0.67282 0.83475 -13.19831 -2.58793 0.83002 0.25700 -19.25314 -2.58795 0.17640
21. 0.65738 22.10339 0.53033 0.69382 0.82063 -14.12117 -9.22867 0.81411 0.23856 -18.44259 8.10565 0.15797
22. 0.67838 20.99808 -11.05321 0.71420 0.80583 -14.79500 -6.73839 0.79759 0.22000 -18.55977 -1.17190 0.13994
23. 0.69931 20.93389 -0.64198 0.73398 0.79078 -15.04891 -2.53910 0.78046 0.20178 -18.22286 3.36921 0.12233
24. 0.71963 20.31703 -6.16859 0.75312 0.77476 -16.02060 -9.71696 0.76276 0.18446 -17.31953 9.03340 0.10517
25. 0.73879 19.16707 -11.49981 0.77163 0.75863 -16.13778 -1.17189 0.74448 0.16702 -17.44160 -1.22073 0.08849
26. 0.75788 19.08333 -0.83736 0.78948 0.74148 -17.14853 -10.10759 0.72566 0.15051 -16.51385 9.27755 0.07231
27. 0.77579 17.91103 -11.72310 0.80667 0.72372 -17.75889 -6.10362 0.70631 0.13406 -16.44549 0.68361 0.05665
28. 0.79354 17.75473 -1.56308 0.82319 0.70586 -17.86143 -1.02541 0.68645 0.11811 -15.94744 4.98058 0.04154
29. 0.81063 17.08484 -6.69892 0.83902 0.68711 -18.74522 -8.83804 0.66610 0.10313 -14.98552 9.61935 0.02699
30. 0.82664 16.01861 -10.66244 0.85416 0.66830 -18.80870 -0.63478 0.64529 0.08822 -14.91227 0.73244 0.01303
31. 0.84236 15.71716 -3.01451 0.86860 0.64853 -19.77062 -9.61930 0.62402 0.07429 -13.92593 9.86350 -0.00032
32. 0.85698 14.61464 -11.02530 0.88232 0.62825 -20.28820 -5.17587 0.60232 0.06060 -13.68667 2.39263 -0.01305
33. 0.87128 14.30761 -3.07034 0.89532 0.60806 -20.18566 1.02541 0.58022 0.04785 -12.74916 9.37521 -0.02513
```

图 15 三框实时数据

20) 接插件

台面出接插件为 DB25, 台体接插件为 Y50-1626, 两款接插件为用户 1 和用户 2, 台面处用户 1 (DB25) 和底座用户 1 (Y50-1626) 线序 1-15 联通, 台面处用户 2 (DB25) 和底座用户 2 (Y50-1626) 线序 1-15 联通, 电流为 3A, 用户可以根据需要接线使用。

3.2 转台关机步骤:

1) 用户测试完成后依次点击操作界面上的“外框停止”, “中框停止”和“内框

- 停止”按钮，点击三框“开环”，“断电”，关闭操作界面或者点击软件上方的“退出”；
- 2) 关闭控制柜状态监控单元上的“外框使能”，“中框使能”，“内框使能”按钮和“动力电源”和“控制电源”开关；
 - 3) 关闭工控机；
 - 4) 切断转台的工作电源（拔出 220V 交流电）。

3.3 远程通讯协议

1) 概述

本通讯协议的功能是提供用户程序与转台操作程序之间通讯的数据定义。

2) 连接框图：

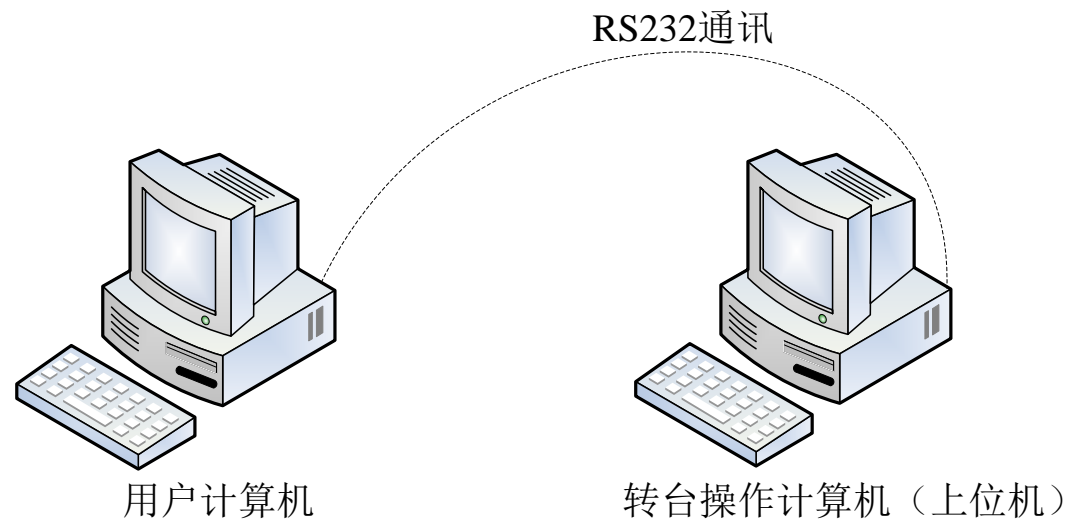


图 16 远程连接框图

3) 数据定义

①通讯形式

本通讯采用 RS232C 技术协议。其中波特率为 115200，1 个停止位，一个开始位，没有奇偶校验位。

② 用户发送的命令

通讯数据 1 帧由 43 个 ASCII 字符组成。以“HH”开始，“TT”结尾，“#”代表任意的 0~9 之间的数字。“X”代表轴号，用 1 位 1~9 之间的数字表示。“M”为命令模式，用 1 位 0~9 之间的数字表示和大写字母表示（不用的位补零）。数据格式如下（格式中的数字 1、2、3 分别代表外框、中框和内框）：

HH1M#####.##### 2M#####.##### 3M#####.##### TT
或： HH15##.##T##.## 25##.##T##.## 35##.##T##.## TT(振动)

| “M” | 意义 |
|-----|----|
| P | 上电 |
| U | 断电 |

| | |
|---|--------------|
| E | 使能 |
| D | 不使能 |
| S | 运行停止 |
| H | 回零 |
| 1 | 正位置 |
| 2 | 负位置 |
| 3 | 正速率 |
| 4 | 负速率 |
| 5 | 正弦摇摆 |
| X | 返回当前位置 |
| Y | 返回当前速度 |
| Z | 返回当前加速度 |
| G | 设置位置模式中的速度值 |
| A | 设置速率模式中的加速度值 |

在振动命令中第一个##.##代表幅度，第二个##.##代表频率，中间有一个‘T’分隔符。

③返回状态

返回的状态由“HH”开始符，“TT”结束符和 2 位标志位组成。“X”、“Y”为 ASCII 码，其中“X”代表转台的轴号：1-外框，2-中框，3-内框；“Y”代表的意义如下表所示：

| HHXYTT | |
|--------|------|
| “Y” | 意义 |
| T | 命令正确 |
| C | 命令错误 |
| O | 执行正确 |
| R | 执行错误 |
| Y | 转动到位 |

④数据示例

返回的数据由 43 个 ASCII 字符组成，“HH”为开始符，“TT”为结束符，“#”代表任意的 0~9 之间的数字。格式如下所示：

| | |
|---|-----|
| HH1P00000.000002P00000.000003P00000.00000TT | 上电 |
| HH1U00000.000002U00000.000003U00000.00000TT | 断电 |
| HH1E00000.000002E00000.000003E00000.00000TT | 使能 |
| HH1D00000.000002D00000.000003D00000.00000TT | 不使能 |
| HH1S00000.000002S00000.000003S00000.00000TT | 停止 |
| HH1H00000.000002H00000.000003H00000.00000TT | 回零 |
| HH1100010.120002100010.120003100010.12000TT | 正位置 |
| HH1200020.320002200020.320003200020.32000TT | 负位置 |

| | |
|---|-------|
| HH1300030.450002300030.450003300030.45000TT | 正速率 |
| HH1400040.230002400040.230003400040.23000TT | 负速率 |
| HH1501.00T01.002501.00T01.003501.00T01.00TT | 摇摆 |
| HH1X00000.000002X00000.000003X00000.00000TT | 返回位置 |
| HH1Y00000.000002Y00000.000003Y00000.00000TT | 返回速率 |
| HH1Z00000.000002Z00000.000003Z00000.00000TT | 返回加速度 |
| HH1G00030.000002G00030.000003G00010.00000TT | 设置速度 |
| HH1A00040.000002A00040.000003A00040.00000TT | 设置加速度 |

3.4 仿真通讯协议

1) 概述

本通讯协议采用光纤网进行数据传输的方式，转台端使用的光纤反射内存卡为美国 GE 公司生产的 PCI5565，节点号为 0x03，建议用户端使用同类型的光纤反射内存卡，节点号可以任意设置（0x03 除外），数据通讯周期默认为 1ms。

2) 连接框图：

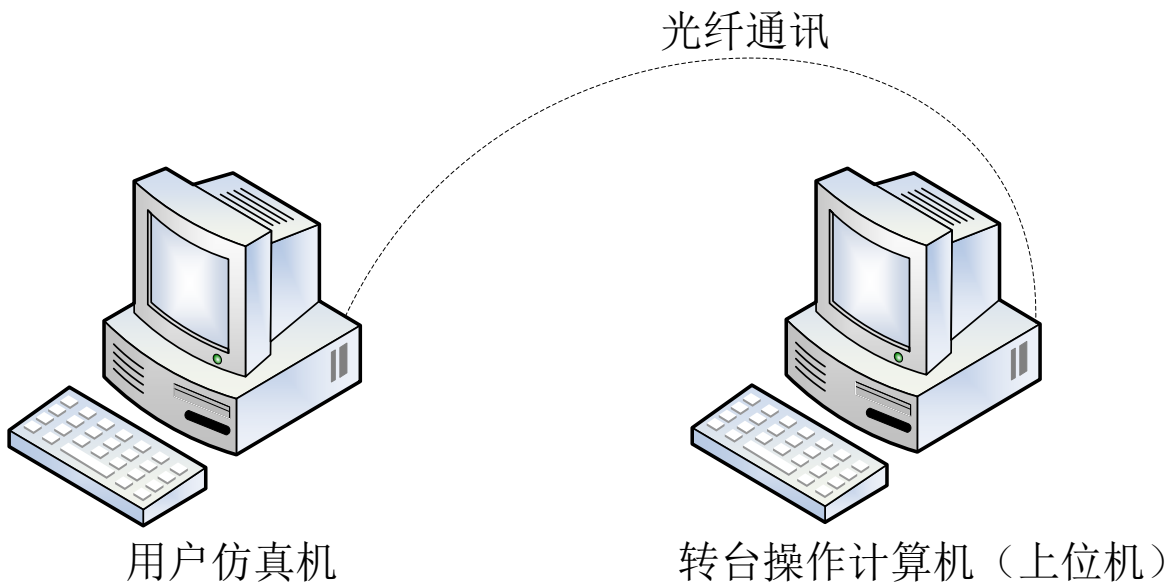


图 16 仿真连接框图

3) 通讯格式

①用户命令格式

一帧数据为 12 个 float 型数据，共 48 个字节，分别由启停命令、工作模式、仿真周期及三框角位置、角速度和角加速度组成，如表 1 所示。

表 1 仿真机端数据命令格式表

| | 命令 | 数据类型 | 含义 |
|--|------|-------|-------------------------------|
| | 启停命令 | float | 0.0-缺省 1.0-初始化 2.0-仿真开始 |

| | | | |
|-----------------------------|--------|-------|--|
| 仿真机发送区 起始地址： 0x100000 | | | 3.0- 仿真停止 |
| | 工作模式 | float | 0.0-缺省 1.0- 位置模式 2.0- 增强位置模式 3.0- 速率模式 4.0- 增强速率模式 |
| | 仿真周期 | float | 默认为 1ms |
| | 外框角位置 | float | 外框指令角位置 (°) |
| | 中框角位置 | float | 中框指令角位置 (°) |
| | 内框角位置 | float | 内框指令角位置 (°) |
| | 外框角速度 | float | 外框指令角速度 (° /s) |
| | 中框角速度 | float | 中框指令角速度 (° /s) |
| | 内框角速度 | float | 内框指令角速度 (° /s) |
| | 外框角加速度 | float | 外框指令角加速度 (° /s ²) |
| | 中框角加速度 | float | 中框指令角加速度 (° /s ²) |
| | 内框角加速度 | float | 内框指令角加速度 (° /s ²) |

②转台反馈格式

一帧数据为 14 个 float 型数据，共 56 个字节，分别由三框工作状态、工作模式、仿真周期及三框角位置、角速度和角加速度组成，如表 2 所示。

表 2 转台端数据命令格式表

| | | | |
|----------------------------|--------|-------|--|
| | 命令 | 数据类型 | 含义 |
| 转台发送区 起始地址： 0x200000 | 外框工作状态 | float | 1.0-外框仿真正常 2.0-外框指令超限 3.0-外框仿真停止 |
| | 中框工作状态 | float | 1.0-中框仿真正常 2.0-中框指令超限 3.0-中框仿真停止 |
| | 内框工作状态 | float | 1.0-内框仿真正常 2.0-内框指令超限 3.0-内框仿真停止 |
| | 工作模式 | float | 0.0-缺省 1.0-位置模式 2.0-增强位置模式 3.0-速率模式 4.0-增强速率模式 |
| | 仿真周期 | float | 当前仿真周期 |
| | 外框角位置 | float | 外框当前角位置 (°) |
| | 中框角位置 | float | 中框当前角位置 (°) |
| | 内框角位置 | float | 内框当前角位置 (°) |
| | 外框角速度 | float | 外框当前角速度 (° /s) |
| | 中框角速度 | float | 中框当前角速度 (° /s) |

| | | | |
|--|--------|-------|-------------------------------|
| | 内框角速度 | float | 内框当前角速度 (° /s) |
| | 外框角加速度 | float | 外框当前角加速度 (° /s ²) |
| | 中框角加速度 | float | 中框当前角加速度 (° /s ²) |

4) 使用说明

转台开机回零完成后，默认为本地模式，如需进行仿真，则在转台操作界面的下拉菜单栏中选择仿真模式，此时，界面右上方状态显示区中的仿真运行指示灯亮起（蓝色），转台端便按照表格 2 的形式实时发送转台当前运行状态的数据（1ms）。

用户进行轨迹仿真前首先需要进行初始化操作，即发送一个固定的角位置（只发送一帧数据，格式如表 1 所示），如：外框 10 度、中框 20 度、内框 30 度，用户可以按照表 3 中的数据 1 列形式发出；初始化完成后（转台各框均运行到目标位置），此时，用户便可以根据实际情况选择不同的工作模式进行仿真试验，数据发送周期为 1ms。选择模式 1 时，向转台端只发送角位置数据，发送的数据格式如表 3 中的数据 2 列；选择模式 2 时，向转台端发送角位置、角速度和角加速度数据，发送的数据格式如表 3 中的数据 3 列，选择模式 3 时，向转台端只发送角速度数据（恒定值，只发送一帧即可），发送的数据格式如表 3 中的数据 4 列，选择模式 4 时，向转台端只发送角速度和角加速度数据（恒定值，只发送一帧即可），发送的数据格式如表 3 中的数据 5 列；仿真试验数据发送完成后，用户可以发送停止指令，发送的数据格式如表 3 中的数据 6 列，以便进行下一次仿真试验。

注意：

- 1、每次仿真前均应发送初始化指令，初始化完成后，才能进行仿真试验，发送停止指令后，本次仿真试验才算结束。
- 2、发送的所有数据均不应超出转台的实际运行能力（技术指标要求），轨迹曲线的数据必须是收敛的，否则，转台可能会出现不跟指令、失控等异常情况，导致仿真试验失败，严重时危及人身安全。
- 3、仿真实验结束，切换到本地控制的位置模式，不得切换到速率模式和正弦摇摆模式。

5) 用户端发送数据示例

| 序号 | 发送地址 | 数据 1 | 数据 2 | 数据 3 | 数据 4 | 数据 5 | 数据 6 | 备注 |
|----|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 1 | 0x100000 | 1.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 3.0 | 启停命令 |
| 2 | 0x100004 | 0.0 | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 4.0 | 0.0 | 工作模式 |
| 3 | 0x100008 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 仿真周期 |
| 4 | 0x10000C | 10.0 | 数据 | 数据 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 外框角位置 |
| 5 | 0x100010 | 0.0 | 数据 | 数据 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 中框角位置 |
| 6 | 0x100014 | 0.0 | 数据 | 数据 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 内框角位置 |
| 7 | 0x100018 | 20.0 | 0.0 | 数据 | 数据 | 数据 | 0.0 | 外框角速度 |
| 8 | 0x10001C | 0.0 | 0.0 | 数据 | 数据 | 数据 | 0.0 | 中框角速度 |
| 9 | 0x100020 | 0.0 | 0.0 | 数据 | 数据 | 数据 | 0.0 | 内框角速度 |
| 10 | 0x100024 | 30.0 | 0.0 | 数据 | 0.0 | 数据 | 0.0 | 外框角加速度 |
| 11 | 0x100028 | 0.0 | 0.0 | 数据 | 0.0 | 数据 | 0.0 | 中框角加速度 |
| 12 | 0x10002C | 0.0 | 0.0 | 数据 | 0.0 | 数据 | 0.0 | 内框角加速度 |