固高科技（深圳）有限公司

地　　址：深圳市高新技术产业园南区深港产学研基地西座二层 W211 室

电　　话：0755-26970823　26970817　26970824

传　　真：0755-26970846

电子邮件：support@googoltech.com

网　　址：http://www.googoltech.com.cn

固高科技（香港）有限公司

地　　址：香港九龙清水湾香港科技大学新翼楼 3639 室

电　　话：(852) 2358-1033

传　　真：(852) 2358-4931

电子邮件：info@googoltech.com

网　　址：http://www.googoltech.com/

GTS 系列运动控制器
编程手册

版权申明

运动中的机器有危险！使用者有责任在机器中设计有效的出错处理和安全保护机制，固高科技没有义务或责任对由此造成的附带的或相应产生的损失负责。

文档版本

版本号	修订日期
1.0	2009 年 5 月 4 日
1.1	2010 年 3 月 12 日
1.2	2010 年 5 月 17 日
1.3	2010 年 7 月 13 日
1.4	2010 年 9 月 3 日
1.5	2010 年 11 月 25 日
1.6	2011 年 10 月 17 日

目录

第一章 运动控制器函数库的使用

1.1 Windows 系统下动态链接库的使用

在 Windows 系统下使用运动控制器，首先要安装驱动程序。运动控制器的驱动程序存放在产品配套光盘的“Windows\Driver”文件夹下。

运动控制器指令函数动态链接库存放在产品配套光盘的“Windows”文件夹下。运动控制器的动态链接库文件名为 gts.dll。

在 Windows 系统下，用户可以使用任何能够支持动态链接库的开发工具来开发应用程序。下面分别以 Visual C＋＋、Visual Basic 和 Delphi 为例讲解如何在这些开发工具中使用运动控制器的动态链接库。

1.1.1 Visual C++ 6.0 中的使用

1. 启动Visual C＋＋ 6. 0，新建一个工程；
2. 将产品配套光盘Windows\VC6文件夹中的动态链接库、头文件和lib文件复制到工程文件夹中；
3. 选择“Project”菜单下的“Settings…”菜单项；
4. 切换到“Link”标签页，在“Object/library modules”栏中输入lib文件名，例如gts.lib；
5. 在应用程序文件中加入函数库头文件的声明，例如：＃include “gts.h”

至此，用户就可以在 Visual C＋＋中调用函数库中的任何函数，开始编写应用程序。

1.1.2 Visual Basic 6.0 中的使用

1. 启动Visual Basic，新建一个工程；
2. 将产品配套光盘Windows\VB6文件夹中的动态链接库和函数声明文件复制到工程文件夹中；
3. 选择“工程”菜单下的“添加模块”菜单项；
4. 切换到“现存”标签页，选择函数声明文件，例如gts.bas，将其添加到工程当中；

至此，用户就可以在 Visual Basic 中调用函数库中的任何函数，开始编写应用程序。

1.1.3 Delphi 中的使用

1. 启动Delphi，新建一个工程；
2. 将产品配套光盘Windows\Delphi文件夹中的动态链接库和函数声明文件复制到工程文件夹中；
3. 选择“Project”菜单下的“Add to Project…”菜单项；
4. 将函数声明文件添加到工程当中；
5. 在代码编辑窗口中，切换到用户的单元文件；
6. 选择“File”菜单下的“Use Unit…”菜单项，添加对函数声明文件的引用；

   至此，用户就可以在 Delphi 中调用函数库中的任何函数，开始编写应用程序。

第二章 命令返回值及其意义

2.1 指令返回值

运动控制器按照主机发送的指令工作。运动控制器指令封装在动态链接库中。用户在编写应用程序时，通过调用运动控制器指令来操纵运动控制器。

运动控制器在接收到主机发送的指令时，将执行结果反馈到主机，指示当前指令是否正确执行。指令返回值的定义如下。

运动控制器指令返回值定义

返回值	意义	处理方法
0	指令执行成功	
1	指令执行错误	1. 检查当前指令的执行条件是否满足
2	license 不支持	1. 如果需要此功能，请与生产厂商联系。
7	指令参数错误	1. 检查当前指令输入参数的取值
-1	主机和运动控制器通讯失败	1. 是否正确安装运动控制器驱动程序 2. 检查运动控制器是否接插牢靠 3. 更换主机 4. 更换控制器
-6	打开控制器失败	1. 是否正确安装运动控制器驱动程序 2. 是否调用了 2 次 GT_Open 指令 3. 其他程序是否已经打开运动控制器
-7	运动控制器没有响应	1. 更换运动控制器

	建议在用户程序中，检测每条指令的返回值，以判断指令的执行状态。并建立必要的错误处理机制，保证程序安全可靠地运行。

第三章 系统配置

在使用运动控制器进行各种操作之前，需要对运动控制器进行配置，使运动控制器的状态和各种工作模式能够满足客户的要求。这个过程，叫做系统配置。在运动控制器管理软件Motion Controller Toolkit 2008 中包括一个系统配置的组件，用户可以利用该组件来对运动控制器进行配置，配置完成之后，生成相应的配置文件*.cfg，用户在编程时，调用相关的指令，将配置信息传递给运动控制器，即可完成整个运动控制器的配置工作。用户也可以利用相关的指令完成运动控制器的配置。

3.1 系统配置基本概念

运动控制器内部包含了各种软硬件资源，各种软硬件资源之间相互组合，即可实现运动控制器的各种应用。

3.1.1 硬件资源

数字量输出资源(do)：包括伺服使能数字量输出、伺服报警清除数字量输出、通用数字量输出。

数字量输入资源(di)：包括正限位数字量输入、负限位数字量输入、驱动报警数字量输入、原点信号数字量输入、通用数字量输入。

编码器计数资源(encoder)：用来对外部编码器的脉冲输出进行计数。

脉冲输出资源(step)：脉冲输出通道，可以输出“脉冲+方向”或者“CW\CCW”控制脉冲。

电压输出资源(dac)：电压输出通道，输出-10V~+10V 的控制电压。

3.1.2 软件资源

规划器资源(profile)：根据运动模式和运动参数实时计算规划位置和规划速度，生成所需的速度曲线，实时地输出规划位置。

伺服控制器资源(control)：根据伺服控制算法、控制参数、跟随误差实时地计算控制量。

轴资源(axis)：将软件资源、硬件资源进行组合，作为整体进行操作。其中包括驱动报警信号、正限位信号、负限位信号、平滑停止信号、紧急停止信号的管理；规划器输出的规划位置的当量变换；编码器计数位置的当量变换等功能。

3.1.3 资源组合

系统配置就是将上述的硬件资源和软件资源相互组合，并对各个资源的基本属性进行配置的过程。下面的两个例子描述了资源组合的基本概念。

步进控制方式的基本配置如图 3-1-1 所示。

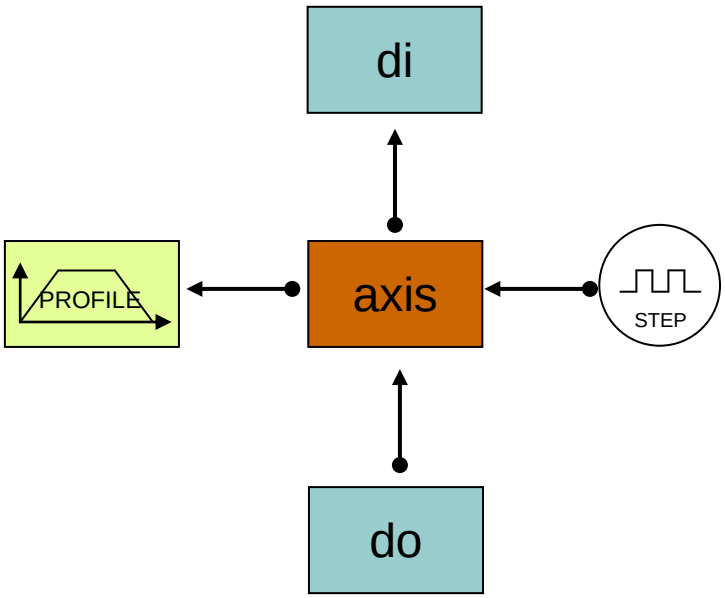


图 3-1-1 步进控制

该实例中，profile 输出的规划位置进入 axis 中，在 axis 中进行当量变换的处理后，输出到 step，由 step 产生控制脉冲，驱动电机运动。axis 需要驱动报警、正向限位信号、负向限位信号、平滑停止信号、紧急停止信号等一些数字量输入信号来对运动进行管理；同时，axis 需要输出伺服使能信息给数字量输出，来使电机使能。

伺服控制方式的基本配置如图 3-1-2 所示。

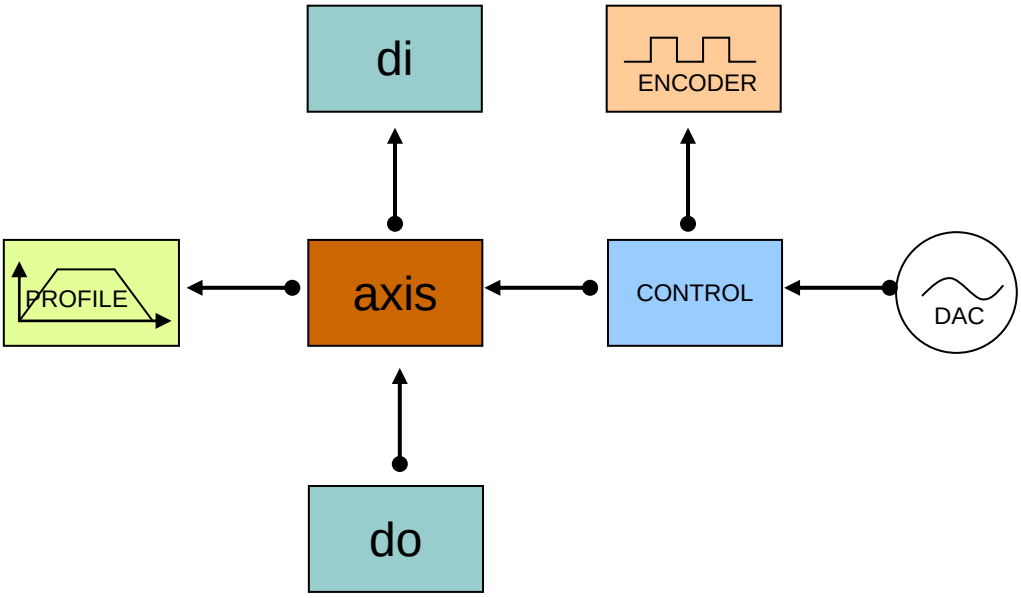


图 3-1-2 伺服控制

该实例中，profile 输出的规划位置进入 axis 中，在 axis 中进行当量变换的处理后，输出到伺服控制器中，伺服控制器将规划位置与 encoder 的计数位置进行比较，获得跟随误差，并通过一定的伺服控制算法，得到实时的控制量，将控制量传递给 dac，由 dac 转换成控制电压来控制电机的运动。axis 需要驱动报警、正向限位信号、负向限位信号、平滑停止信号、紧急停止信号等一些数字量输入信号来对运动进行管理；同时，axis 需要输出伺服使能信息给数字量输出，来使电机使能。

3.2 系统配置工具

使用固高科技提供的 Motion Controller Toolkit 2008 运动控制器管理软件能够方便地对系统进行配置，启动以后显示如下界面。

图 3-2-1 MCT2008 运动控制器管理软件

选择“工具”菜单，点击“控制器配置”，打开运动控制器配置面板就可以对系统进行配置。

3.2.1 配置 axis

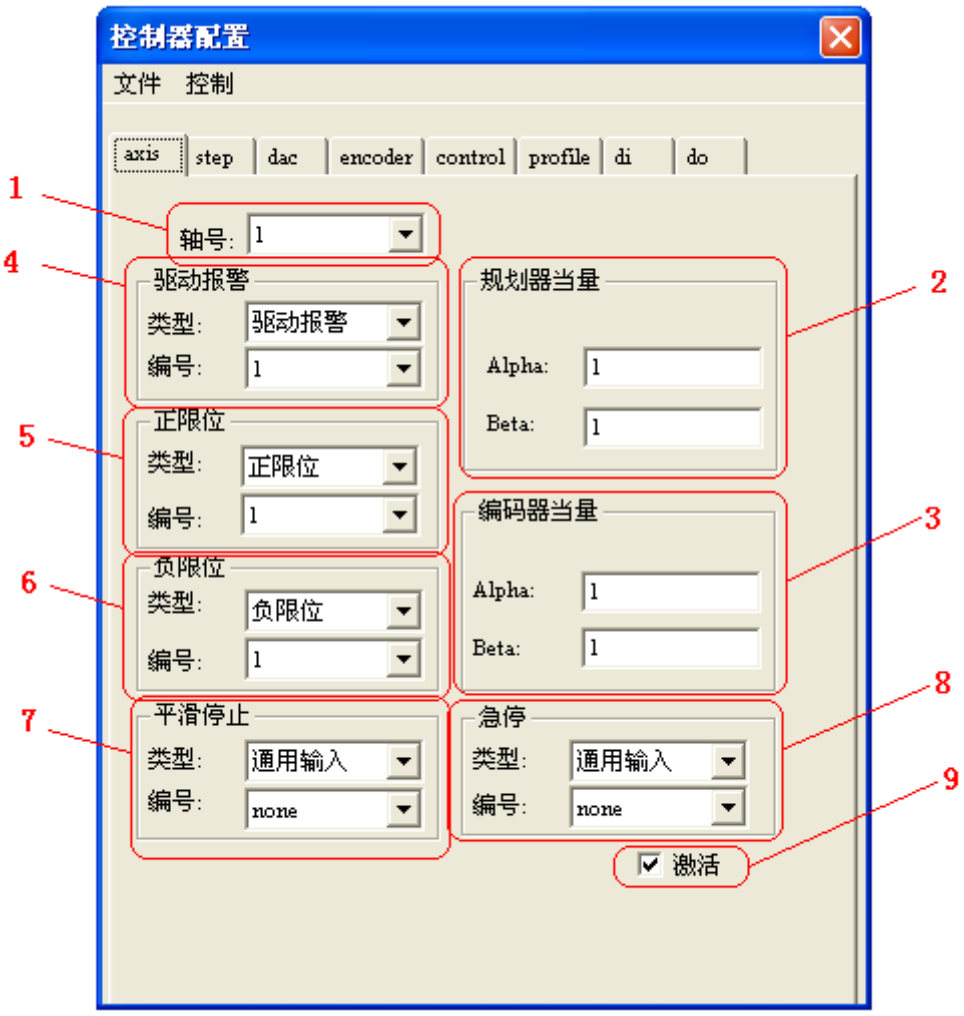


图 3-2-2 axis 配置界面

1. axis 编号选择：选择需要进行配置的 axis 的编号。

2. 规划器当量变换参数：如果需要在 axis 中对规划器输出的规划位置进行当量变换，则可以对该项的参数进行设置，当量变换的关系如下：

$$\frac{\Delta P_{profile}}{\Delta P_{axis}} = \frac{Alpha}{Beta}$$

其中：

$\Delta P_{profile}$ ——规划器输出的规划位置的变化量

ΔP_{axis} ——axis 输出的规划位置的变化量

系统默认的 Alpha 和 Beta 都为 1，所以，规划器输出的规划位置在经过 axis 之后没有经过任何变化。Alpha 的取值范围：(-32767,0)和(0,32767)；Beta 的取值范围：(-32767,0)和(0,32767)。该项可以通过指令 GT_ProfileScale()来设置。

3．编码器当量变换参数：如果需要在 axis 中对编码器计数的位置值进行当量变换，则可以对该项的参数进行设置，当量变换的关系如下：

$$\frac{\Delta E_{enc}}{\Delta E_{axis}} = \frac{Alpha}{Beta}$$

其中：

ΔE_{enc}——编码器计数的位置值的变化量

ΔE_{axis}——axis 输出的编码器位置值的变化量

系统默认的 Alpha 和 Beta 都为 1，所以，编码器计数的位置值在经过 axis 之后没有经过任何变化。Alpha 的取值范围：(-32767,0)和(0,32767)；Beta 的取值范围：(-32767,0)和(0,32767)。该项可以通过指令 GT_EncScale()来设置。

4．驱动报警信号数字量输入选择：选择驱动报警信号的数字量输入的来源，运动控制器支持将任何数字量输入信号配置为驱动报警信号，增加用户进行硬件接线的自由性。该项的第一个下拉列表选择数字量输入的类型，默认为选择驱动报警数字量输入；第二个下拉列表选择数字量输入的编号，在第二个下拉列表中如果选择“none”，则表示该 axis 的驱动报警信号无效。驱动报警无效可以通过指令 GT_AlarmOff()设置，驱动报警有效可以通过指令 GT_AlarmOn()设置。

5．正限位信号数字量输入选择：选择正限位信号的数字量输入的来源，运动控制器支持将任何数字量输入信号配置为正限位信号，增加用户进行硬件接线的自由性。该项的第一个下拉列表选择数字量输入的类型，默认为选择正限位数字量输入；第二个下拉列表选择数字量输入的编号，在第二个下拉列表中如果选择“none”，则表示该 axis 的正限位信号无效。限位开关无效可以通过指令 GT_LmtsOff()设置，限位开关有效可以通过指令 GT_LmtsOn()设置。

6．负限位信号数字量输入选择：选择负限位信号的数字量输入的来源，运动控制器支持将任何数字量输入信号配置为负限位信号，增加用户进行硬件接线的自由性。该项的第一个下拉列表选择数字量输入的类型，默认为选择负限位数字量输入；第二个下拉列表选择数字量输入的编号，在第二个下拉列表中如果选择“none”，则表示该 axis 的负限位信号无效。限位开关无效可以通过指令 GT_LmtsOff()设置，限位开关有效可以通过指令 GT_LmtsOn()设置。

7．平滑停止信号数字量输入选择：选择平滑停止信号的数字量输入的来源，运动控制器支持将任何数字量输入信号配置为平滑停止信号，增加用户进行硬件接线的自由性。该项的第一个下拉列表选择数字量输入的类型，默认为没有平滑停止信号；第二个下拉列表选择数字量输入的编号，在第二个下拉列表中如果选择“none”，则表示该 axis 没有平滑停止信号。平滑停止信号数字量输入选择可以通过指令 GT_SetStopIo()设置。

8．紧急停止信号数字量输入选择：选择紧急停止信号的数字量输入的来源，运动控制器支持将任何数字量输入信号配置为紧急停止信号，增加用户进行硬件接线的自由性。该项的第一个下拉列表选择数字量输入的类型，默认为没有紧急停止信号；第二个下拉列表选择数字量输入的编号，在第二个下拉列表中如果选择“none”，则表示该 axis 没有紧急停止信号。紧急停止信号数字量输入选择可以通过指令 GT_SetStopIo()设置。

9．Axis 激活选项：如果 axis 不被激活，则与该 axis 相关的所有计算和管理任务将会无效。默认 axis 都是激活的。但是如果没有用到某个 axis 的相关功能，则可以不把该 axis 激活，这样可以节约运动控制器的处理资源。

3.2.2 配置 step

图 3-2-3 step 配置界面

1. Step 编号选择：选择需要进行配置的 step 的编号。

2. Step 输出脉冲信号模式选择：可以选择 step 脉冲输出通道的脉冲输出模式，可以为“脉冲+方向”或者“CW/CCW”，默认为“脉冲+方向”。设置为“脉冲+方向”模式，可以调用指令 GT_StepDir()来实现；设置为“CW/CCW”模式，可以调用指令 GT_StepPulse()来实现。

3. Step 激活选项：如果 step 不被激活，则该脉冲输出通道将不可用，不会输出脉冲。默认 step 都是激活的。但是如果没有用到某个 step，则可以不把该 step 激活，这样可以节约运动控制器的处理资源。

3.2.3 配置 dac

图 3-2-4 dac 配置界面

1. Dac 编号选择：选择需要进行配置的 dac 的编号。

2. Dac 输出电压反转：选择是否需要将 dac 的输出电压取反，如果为“正常”，则向 dac 中写入正值时，dac 输出正电压，向 dac 中写入负值时，dac 输出负电压；如果为“取反”，则反之。

3. Dac 的零漂补偿值：如果需要对 dac 进行零漂补偿时，在这里设置具体的零漂补偿值。该项可以通过指令 GT_SetMtrBias()来设置。

4. Dac 输出电压饱和极限：该项设置 dac 能够输出的最大电压绝对值。如果设置为 32767，则允许输出的电压范围为：-10V~+10V，设置为 16384，则允许输出的电压范围为：-5V~+5V。如果 control 输出的控制量绝对值，或者用户使用 GT_SetDac()指令设置的电压值的绝对值超过设定值时，将会按照该项设置的参数被限制在指定电压范围之内。该项可以通过指令 GT_SetMtrLmt()来设置。

5. Dac 激活选项：如果 dac 不被激活，则该电压输出通道将不可用，不会输出电压值。默认 dac 都是激活的。但是如果没有用到某个 dac，则可以不把该 dac 激活，这样可以节

约运动控制器的处理资源。

3.2.4 配置 encoder

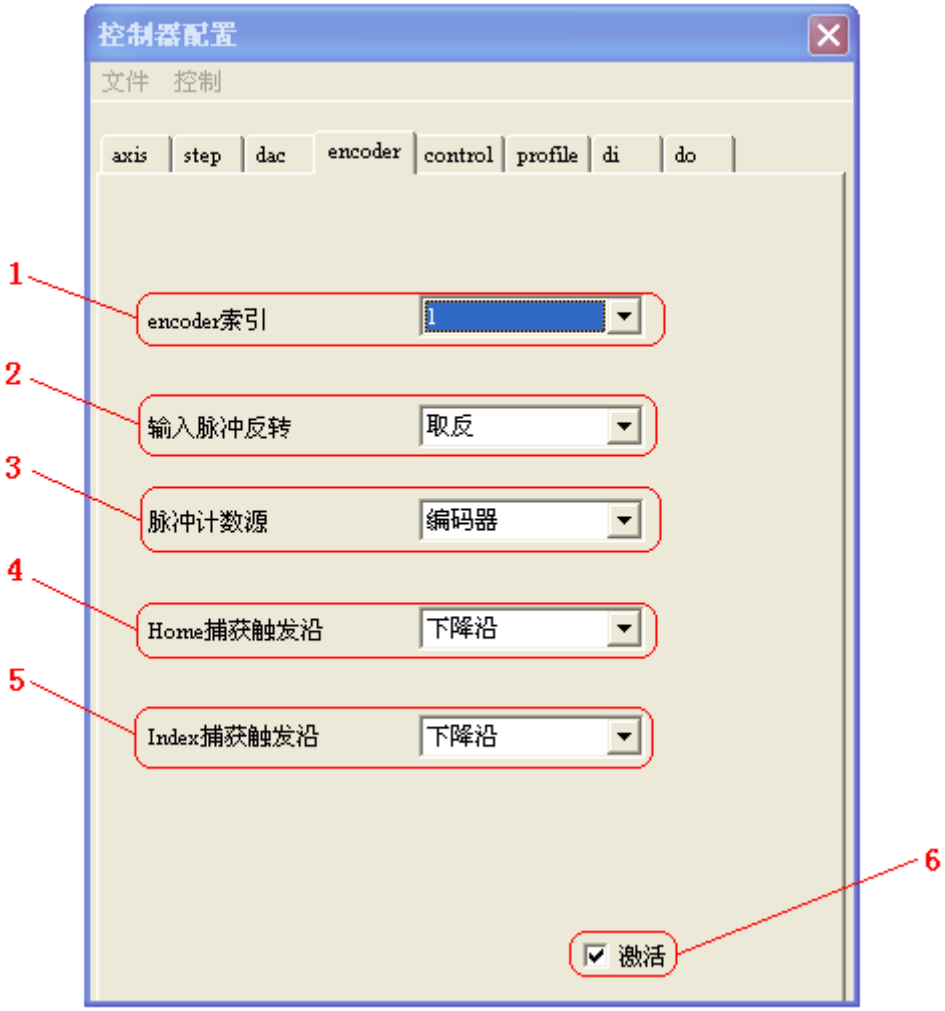
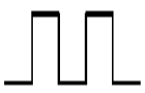
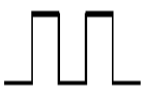


图 3-2-5 encoder 配置界面

1. Encoder 编号选择：选择需要进行配置的 encoder 的编号。
2. Encoder 输入脉冲反转：运动控制器可以接收正交编码器信号，该项选项与反馈脉冲方向以及编码器计数方向的关系如下表所示，该项可以通过指令 GT_EncSns()来修改。

	正常		取反	
A 相				
B 相				

编码器	计数增加	计数减少	计数减少	计数增加

3. 脉冲计数源选择：表示编码器计数来源，默认情况下是外部编码器计数。如果没有外接编码器，则可以将其设置为脉冲计数器，encoder 将会对 step 输出的脉冲个数进行计数。设置为外部编码器，可以调用指令 GT_EncOn()来实现；设置为脉冲计数器，可以调用指令 GT_EncOff()来实现。

4. Home 捕获触发沿：用来设置 Home 捕获的触发沿，默认为下降沿触发。如果选择了常闭开关，可以将捕获沿设置为上升沿触发。该项可以通过指令 GT_SetCaptureSense()来修改。

5. Index 捕获触发沿：用来设置 Index 捕获的触发沿，默认为下降沿触发。该项可以通过指令 GT_SetCaptureSense()来修改。

6. Encoder 激活选项：如果 encoder 不被激活，则将不会对输入脉冲进行计数。默认 encoder 都是激活的。但是如果没有用到某个 encoder，则可以不把该 encoder 激活，这样可以节约运动控制器的处理资源。

3.2.5 配置 control

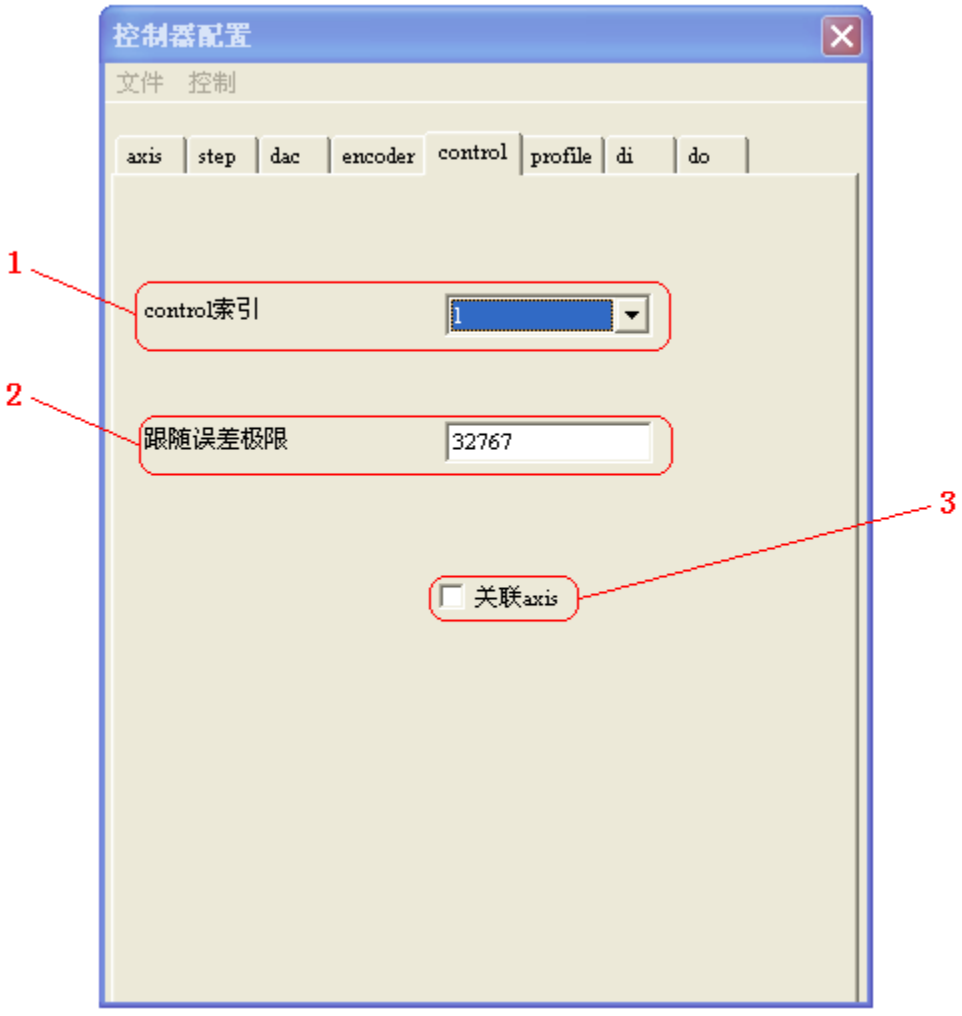


图 3-2-6 control 配置界面

1. Control 编号选择：选择需要进行配置的 control 的编号。
2. 跟随误差极限：表示当规划位置和实际位置的误差的极限。当跟随误差超过设定的极限时，自动关闭 axis 的驱动器使能信号。默认为：32767，单位：pulse。该项可以通过指令 GT_SetPosErr()来设置。
3. Control 关联选项：如果需要伺服闭环控制，应该使 control 与 axis 关联。默认为：不关联，即开环脉冲控制方式。关联之后，运动控制器会将相应编号的 encoder、dac、axis、control 关联在一起，如图 3-1-2 所示，此时，dac 的值将不能独立设置，如果调用 GT_SetDac()指令将会无效。切换开环方式和闭环方式可以通过指令 GT_CtrlMode()来实现。

3.2.6 配置 profile

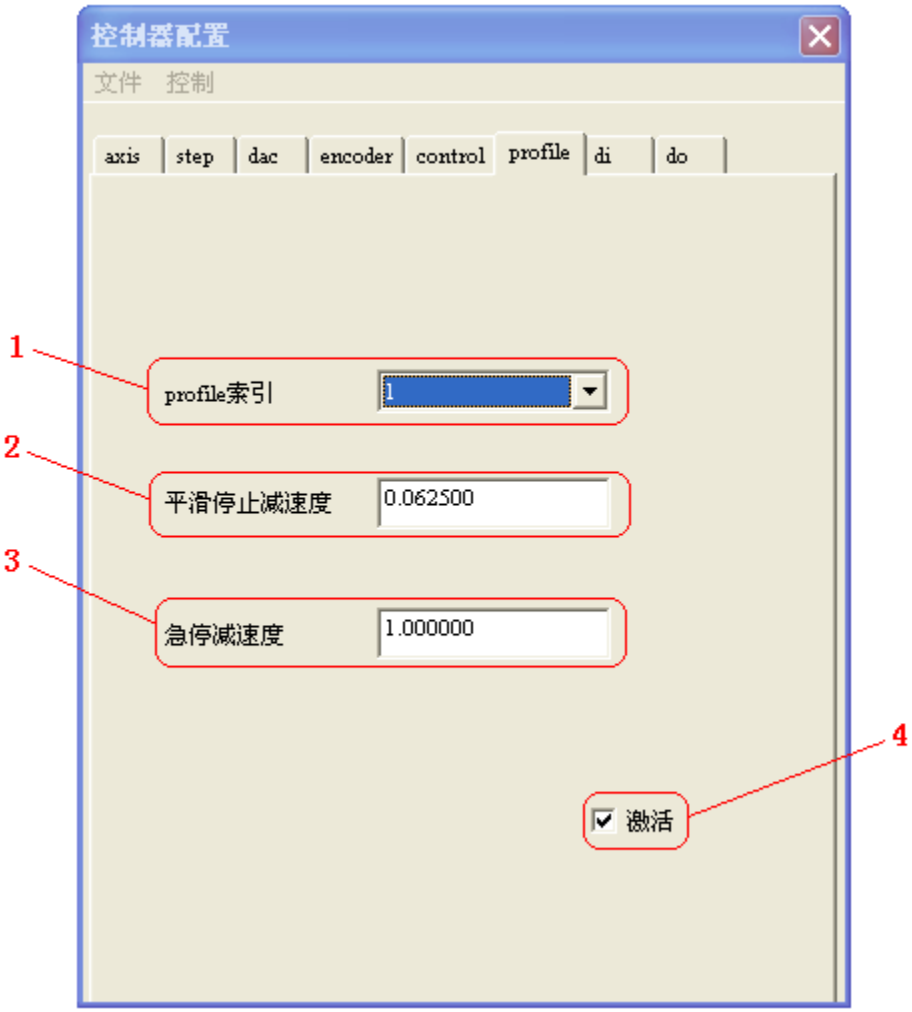


图 3-2-7 profile 配置界面

1. Profile 编号选择：选择需要进行配置的 profile 的编号。
2. 平滑停止减速度：表示调用 GT_Stop 指令平滑停止时所使用的减速度，默认为 0.0625

脉冲/毫秒 ^{2}。该值可以通过调用指令 GT_SetStopDec()来修改。

3. 紧急停止减速度：表示调用 GT_Stop 指令急停时所使用的减速度，默认为 1 脉冲/毫秒 ^{2}。该值可以通过调用指令 GT_SetStopDec()来修改。

4. Profile 激活选项：如果 profile 不被激活，则将不会进行运动规划。默认 profile 都是激活的。但是如果没有用到某个 profile，则可以不把该 profile 激活，这样可以节约运动控制器的处理资源。

3.2.7 配置 di

图 3-2-8 di 配置界面

1. Di 类型选择：选择需要配置的 di 的类型，包括：驱动报警、正限位、负限位、原点、通用输入。

2. Di 编号选择：选择需要配置的 di 的编号。

3. 输入反转：表示 di 的输入逻辑取反。默认情况下，0 表示输入低电平，1 表示输入高电平；输入反转后，0 表示输入高电平，1 表示输入低电平。该项可以通过指令 GT_GpiSns()设置。

4. 滤波时间：表示 di 输入信号维持设定时间才有效，默认滤波时间为 3，单位为：250 微秒。

5. Di 激活选项：如果 di 不被激活，则该数字量输入将不起作用。默认 di 都是激活的。但是如果没有用到某个 di，则可以不把该 di 激活，这样可以节约运动控制器的处理资源。

3.2.8 配置 do

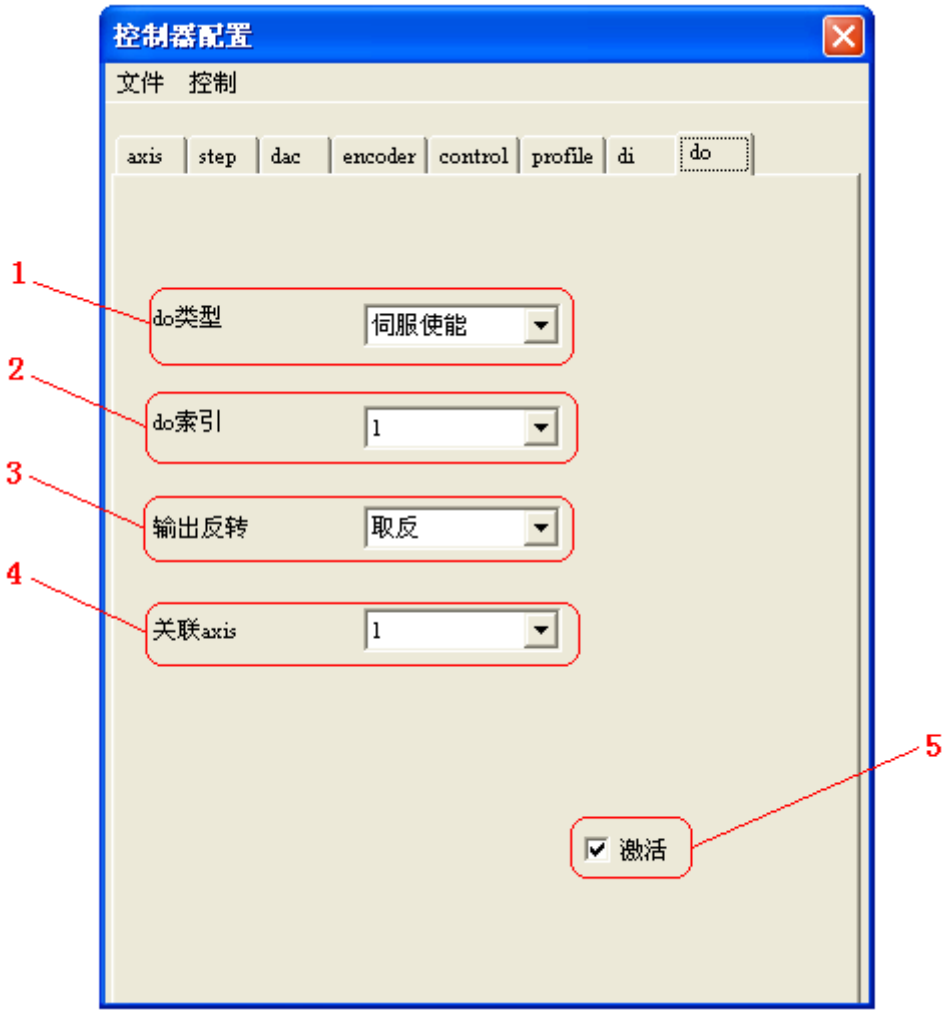


图 3-2-9 do 配置界面

1. Do 类型选择：选择需要配置的 do 的类型，包括：伺服使能、清除报警、通用输出。

2. Do 编号选择：选择需要配置的 do 的编号。

3. 输出反转：表示 do 的输出逻辑取反。默认为：正常，0 表示输出低电平，1 表示输出高电平。输出反转后，0 表示输出高电平，1 表示输出低电平。

4. 关联 axis：表示该 do 关联到指定 axis 的驱动器使能。默认情况下，各轴都具有独立的驱动器使能 do 作为输出，当调用 GT_AxisOn()指令时，该 do 置 1。如果驱动器是低电平使能，必须把“输出反转”设置为取反。Do 一旦和 axis 关联，就不能调用 GT_SetDo 或 GT_SetDoBit 指令直接设置其输出电平。如果不需要驱动器使能信号，可以取消和驱

动器使能 do 的关联。取消关联以后，驱动器使能 do 就可以作为普通 do 来使用，可以调用 GT_SetDo 或 GT_SetDoBit 直接设置其输出电平。

5. Do 激活选项：如果 do 不被激活，则该数字量输出将不起作用。默认 do 都是激活的。但是如果没有用到某个 do，则可以不把该 do 激活，这样可以节约运动控制器的处理资源。

3.3 配置文件生成和下载

下载配置文件指令

指令	说明
GT_LoadConfig	下载配置信息到运动控制器

下载配置文件指令说明

GT_LoadConfig(char *pFile)	
pFile	配置文件的文件名

按照 3.2 中所描述进行运动控制器的配置之后，如图 3-3-1 所示，在“控制器配置”界面的“文件”菜单，点击“写入到文件”，即可对配置信息进行保存，生成配置文件*.cfg。

图 3-3-1 生成配置文件界面

用户可以调用 GT_LoadConfig()指令将配置文件里的配置信息下载到运动控制器中，需要注意的是，如果配置文件与可执行文件不在同一目录下，在调用 GT_LoadConfig()指令时，参数需要包含配置文件的绝对路径。

3.4 配置信息修改指令

用户除了可以使用上面所述的配置文件的方式实现运动控制器的初始化配置外，还可以使用指令的方式来实现初始化配置。

3.4.1 指令列表

配置信息指令列表

指令	说明
GT_AlarmOff	控制轴驱动报警信号无效
GT_AlarmOn	控制轴驱动报警信号有效
GT_LmtsOn	控制轴限位信号有效
GT_LmtsOff	控制轴限位信号无效
GT_ProfileScale	设置控制轴的规划器当量变换值
GT_EncScale	设置控制轴的编码器当量变换值
GT_StepDir	将脉冲输出通道的脉冲输出模式设置为“脉冲+方向”
GT_StepPulse	将脉冲输出通道的脉冲输出模式设置为“CW/CCW”
GT_SetMtrBias	设置模拟量输出通道的零漂电压补偿值
GT_GetMtrBias	读取模拟量输出通道的零漂电压补偿值
GT_SetMtrLmt	设置模拟量输出通道的输出电压饱和极限值
GT_GetMtrLmt	读取模拟量输出通道的输出电压饱和极限值
GT_EncSns	设置编码器的计数方向
GT_EncOn	设置为“外部编码器”计数方式
GT_EncOff	设置为“脉冲计数器”计数方式
GT_SetPosErr	设置跟随误差极限值
GT_GetPosErr	读取跟随误差极限值
GT_SetStopDec	设置平滑停止减速度和急停减速度
GT_GetStopDec	读取平滑停止减速度和急停减速度
GT_LmtSns	设置运动控制器各轴限位开关触发电平
GT_CtrlMode	设置控制轴为模拟量输出或脉冲输出
GT_SetStopIo	设置平滑停止和紧急停止数字量输入的信息
GT_GpiSns	设置运动控制器数字量输入的电平逻辑
GT_SetAdcFilter	设置模拟量输入的滤波器时间参数(仅适用于 GTS-400-PX 控制器)

配置信息指令参数说明

GT_AlarmOff(short axis)

axis	控制轴号
GT_AlarmOn(short axis)	
axis	控制轴号
GT_LmtsOn(short axis,short limitType=-1)	
axis	控制轴号
limitType	需要有效的限位类型 MC_LIMIT_POSITIVE(该宏定义为 0)：需要将该轴的正限位有效 MC_LIMIT_NEGATIVE(该宏定义为 1)：需要将该轴的负限位有效 -1：需要将该轴的正限位和负限位都有效，默认为该值
GT_LmtsOff(short axis,short limitType=-1)	
Axis	控制轴号
limitType	需要无效的限位类型 MC_LIMIT_POSITIVE(该宏定义为 0)：需要将该轴的正限位无效 MC_LIMIT_NEGATIVE(该宏定义为 1)：需要将该轴的负限位无效 -1：需要将该轴的正限位和负限位都无效，默认为该值
GT_ProfileScale(short axis,short alpha,short beta)	
axis	控制轴号
alpha	规划器当量的 alpha 值，取值范围：[-32768,32767]，请参见 3.2.1
beta	规划器当量的 beta 值，取值范围：[-32768,32767]，请参见 3.2.1
GT_EncScale(short axis,short alpha,short beta)	
axis	控制轴号
alpha	编码器当量的 alpha 值，取值范围：[-32768,32767]，请参见 3.2.1
beta	编码器当量的 beta 值，取值范围：[-32768,32767]，请参见 3.2.1
GT_StepDir(short step)	
step	脉冲输出通道号
GT_StepPulse(short step)	
step	脉冲输出通道号
GT_SetMtrBias(short dac,short bias)	
dac	模拟量输出通道号
bias	零漂补偿值，取值范围：[-32768,32767]
GT_GetMtrBias(short dac,short *pBias)	
dac	模拟量输出通道号
pBias	读取的零漂补偿值
GT_SetMtrLmt(short dac,short limit)	
dac	模拟量输出通道号
limit	输出电压饱和极限值，取值范围：(0,32767]
GT_GetMtrLmt(short dac,short *pLimit)	
dac	模拟量输出通道号
pLimit	读取的输出电压饱和极限值
GT_EncSns(unsigned short sense)	
sense	按位标识编码器的计数方向，bit0~bit7 依次对应编码器 1~8，bit8 对应辅助编码器 0：该编码器计数方向不取反

	1：该编码器计数方向取反 请参见 3.2.4
GT_EncOn(short encoder)	
encoder	编码器通道号
GT_EncOff(short encoder)	
encoder	编码器通道号
GT_SetPosErr(short control,long error)	
control	伺服控制器编号
error	跟随误差极限值，取值范围：(0, 2147483648]
GT_GetPosErr(short control,long *pError)	
control	伺服控制器编号
pError	读取的跟随误差极限值
GT_SetStopDec(short profile,double decSmoothStop,double decAbruptStop)	
profile	规划器的编号
decSmoothStop	平滑停止减速度，取值范围：(0,32767]
decAbruptStop	急停减速度，取值范围：(0,32767]
GT_GetStopDec(short profile,double *pDecSmoothStop,double *pDecAbruptStop)	
profile	规划器的编号
pDecSmoothStop	读取的平滑停止减速度
pDecAbruptStop	读取的急停减速度
GT_LmtSns(unsigned short sense)	
sense	按位标识轴的限位的触发电平状态，具体请参见重点说明
GT_CtrlMode(short axis,short mode)	
axis	控制轴号
mode	切换的模式 0：将指定轴切换为闭环控制模式(电压控制方式) 1：将指定轴切换为开环控制模式(脉冲控制方式)
GT_SetStopIo(short axis,short stopType,short inputType,short inputIndex)	
axis	需要设置停止 IO 信息的轴的编号，取值范围：[1,8]
stopType	需要设置停止 IO 信息的停止类型 0：紧急停止类型 1：平滑停止类型
inputType	设置的数字量输入的类型 MC_LIMIT_POSITIVE(该宏定义为 0) 正限位 MC_LIMIT_NEGATIVE(该宏定义为 1) 负限位 MC_ALARM(该宏定义为 2) 驱动报警 MC_HOME(该宏定义为 3) 原点开关 MC_GPI(该宏定义为 4) 通用输入 MC_ARRIVE(该宏定义为 5) 电机到位信号(仅适用于 GTS-400-PX 控制器)
inputIndex	设置的数字量输入的索引号，取值范围根据 inputType 的取值而定 当 inputType= MC_LIMIT_POSITIVE 时，取值范围：[1,8] 当 inputType= MC_LIMIT_NEGATIVE 时，取值范围：[1,8]

	当 inputType= MC_ALARM 时，取值范围：[1,8] 当 inputType= MC_HOME 时，取值范围：[1,8] 当 inputType= MC_GPI 时，取值范围：[1,16] 当 inputType= MC_ARRIVE 时，取值范围：[1,8]
GT_GpiSns(unsigned short sense)	
sense	按位表示各数量输入的电平逻辑，从 bit0~bit15，分别对应数字量输入 1 到 16。 0：输入电平不取反，通过 GT_GetDi()指令读取到 0 表示输入低电平，通过 GT_GetDi()指令读取到 1 表示输入高电平； 1：输入电平取反，通过 GT_GetDi()指令读取到 0 表示输入高电平，通过 GT_GetDi()指令读取到 1 表示输入低电平；
GT_SetAdcFilter(short adc,short filterTime)	
adc	数字量输入的编号，取值范围：[1,8]
filterTime	数字量输入信号的滤波器时间参数，取值范围：[0,50]

3.4.2 重点说明

3.4.2.1 编码器计数方向设置

指令 GT_EncSns()可以修改运动控制器各编码器的计数方向，当指令参数的某个状态位为 1 时，将所对应的控制轴的编码器计数方向取反，指令参数的状态位定义如下表所示：

状态位	8	7	6	5	4	3	2	1	0
编码器	辅助编码器	Enc8	Enc7	Enc6	Enc5	Enc4	Enc3	Enc2	Enc1

3.4.2.2 设置限位开关触发电平

运动控制器默认的限位开关为常闭开关，即各轴处于正常工作状态时，其限位开关信号输入为低电平；当限位开关信号输入为高电平时，与其对应轴的限位状态将被触发。如果使用常开开关，需要通过调用指令 GT_LmtSns()改变限位开关触发电平。

指令 GT_LmtSns()的参数设置各轴正负限位开关的触发电平，当该参数的某个状态位为 0 时，表示将对应的限位开关设置为高电平触发，当某个状态位为 1 时，表示将对应的限位开关设置为低电平触发。指令参数和各轴限位的对应关系如下所示：

状态位	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
限位开关	轴 8		轴 7		轴 6		轴 5		轴 4		轴 3		轴 2		轴 1	

	—	+	—	+	—	+	—	+	—	+	—	+	—	+	—	+

第四章 运动状态检测

4.1 指令列表

运动状态检测指令列表

指令	说明
GT_GetSts	读取轴状态
GT_ClrSts	清除驱动器报警标志、跟随误差越限标志、限位触发标志 1. 只有当驱动器没有报警时才能清除轴状态字的报警标志 2. 只有当跟随误差正常以后，才能清除跟随误差越限标志 3. 只有当离开限位开关，或者规划位置在软限位行程以内时才能清除轴状态字的限位触发标志
GT_GetPrfMode	读取轴运动模式
GT_GetPrfPos	读取规划位置
GT_GetPrfVel	读取规划速度
GT_GetPrfAcc	读取规划加速度
GT_GetAxisPrfPos	读取轴(axis)的规划位置值
GT_GetAxisPrfVel	读取轴(axis)的规划速度值
GT_GetAxisPrfAcc	读取轴(axis)的规划加速度值
GT_GetAxisEncPos	读取轴(axis)的编码器位置值
GT_GetAxisEncVel	读取轴(axis)的编码器速度值
GT_GetAxisEncAcc	读取轴(axis)的编码器加速度值
GT_GetAxisError	读取轴(axis)的规划位置值和编码器位置值的差值
GT_Stop	停止一个或多个轴的规划运动，停止坐标系运动

运动状态检测指令参数说明

GT_GetSts(short axis,long *pSts,short count=1,unsigned long *pClock=NULL)	
axis	起始轴号
pSts	32 位轴状态字，详细定义参见重点说明
count	读取的轴数，默认为 1 1 次最多可以读取 8 个轴的状态
pClock	读取控制器时钟，默认为：NULL，即不用读取控制器时钟
GT_ClrSts(short axis,short count=1)	
axis	起始轴号
count	清除的轴数，默认为 1 1 次最多可以清除 8 个轴的异常状态
GT_GetPrfMode(short profile,long *pValue,short count=1,unsigned long *pClock=NULL)	
profile	起始规划轴号
pValue	轴运动模式

	0：梯形曲线，控制器上电后默认为该模式 1：Jog 模式 2：PT 模式 3：电子齿轮模式 4：Follow 模式
count	读取的规划轴数，默认为 1 1 次最多可以读取 8 个轴的运动模式
pClock	读取控制器时钟，默认为：NULL，即不用读取控制器时钟
GT_GetPrfPos(short profile,double *pValue,short count=1,unsigned long *pClock=NULL)	
profile	起始规划轴号
pValue	规划位置
count	读取的轴数，默认为 1 1 次最多可以读取 8 个轴的规划位置
pClock	读取控制器时钟，默认为：NULL，即不用读取控制器时钟
GT_GetPrfVel(short profile,double *pValue,short count=1,unsigned long *pClock=NULL)	
profile	起始规划轴号
pValue	规划速度
count	读取的轴数，默认为 1 1 次最多可以读取 8 个轴的规划速度
pClock	读取控制器时钟，默认为：NULL，即不用读取控制器时钟
GT_GetPrfAcc(short profile,double *pValue,short count=1,unsigned long *pClock=NULL)	
profile	起始规划轴号
pValue	规划加速度
count	读取的轴数，默认为 1 1 次最多可以读取 8 个轴的规划加速度
pClock	读取控制器时钟，默认为：NULL，即不用读取控制器时钟
GT_GetAxisPrfPos(short axis,double *pValue,short count=1,unsigned long *pClock=NULL)	
axis	起始轴号
pValue	轴的规划位置
count	读取的轴数，默认为 1 1 次最多可以读取 8 个轴的规划位置
pClock	读取控制器时钟，默认为：NULL，即不用读取控制器时钟
GT_GetAxisPrfVel(short axis,double *pValue,short count=1,unsigned long *pClock=NULL)	
axis	起始轴号
pValue	轴的规划速度
count	读取的轴数，默认为 1 1 次最多可以读取 8 个轴的规划速度
pClock	读取控制器时钟，默认为：NULL，即不用读取控制器时钟
GT_GetAxisPrfAcc(short axis,double *pValue,short count=1,unsigned long *pClock=NULL)	
axis	起始轴号
pValue	轴的规划加速度
count	读取的轴数，默认为 1 1 次最多可以读取 8 个轴的规划加速度

pClock	读取控制器时钟，默认为：NULL，即不用读取控制器时钟
GT_GetAxisEncPos(short axis,double *pValue,short count=1,unsigned long *pClock=NULL)	
axis	起始轴号
pValue	轴的编码器位置
count	读取的轴数，默认为 1 1 次最多可以读取 8 个轴的编码器位置
pClock	读取控制器时钟，默认为：NULL，即不用读取控制器时钟
GT_GetAxisEncVel(short axis,double *pValue,short count=1,unsigned long *pClock=NULL)	
axis	起始轴号
pValue	轴的编码器速度
count	读取的轴数，默认为 1 1 次最多可以读取 8 个轴的编码器速度
pClock	读取控制器时钟，默认为：NULL，即不用读取控制器时钟
GT_GetAxisEncAcc(short axis,double *pValue,short count=1,unsigned long *pClock=NULL)	
axis	起始轴号
pValue	轴的编码器加速度
count	读取的轴数，默认为 1 1 次最多可以读取 8 个轴的编码器加速度
pClock	读取控制器时钟，默认为：NULL，即不用读取控制器时钟
GT_GetAxisError(short axis,double *pValue,short count=1,unsigned long *pClock=NULL)	
axis	起始轴号
pValue	轴的规划位置与编码器位置的差值
count	读取的轴数，默认为 1 1 次最多可以读取 8 个轴的规划位置与编码器位置的差值
pClock	读取控制器时钟，默认为：NULL，即不用读取控制器时钟
GT_Stop(long mask,long option)	
mask	按位指示需要停止运动的轴号或者坐标系号 bit0 表示 1 轴，bit1 表示 2 轴，…，bit7 表示 8 轴 bit8 表示坐标系 1，bit9 表示坐标系 2 当 bit 位为 1 时表示停止对应的轴或者坐标系
option	按位指示停止方式 bit0 表示 1 轴，bit1 表示 2 轴，…，bit7 表示 8 轴 bit8 表示坐标系 1，bit9 表示坐标系 2 当 bit 位为 0 时表示平滑停止对应的轴或坐标系 当 bit 位为 1 时表示急停对应的轴或坐标系

4.2 重点说明

4.2.1 轴状态定义

当调用 GT_GetSts()指令时，将返回一个 32 位的轴状态字，该轴状态字的定义如下：

轴状态定义

位	定义
0	保留
1	驱动器报警标志 控制轴连接的驱动器报警时置 1
2	保留
3	保留
4	跟随误差越限标志 控制轴规划位置和实际位置的误差大于设定极限时置 1
5	正限位触发标志 正限位开关电平状态为限位触发电平时置 1 规划位置大于正向软限位时置 1
6	负限位触发标志 负限位开关电平状态为限位触发电平时置 1 规划位置小于负向软限位时置 1
7	IO 平滑停止触发标志 如果轴设置了平滑停止 IO，当其输入为触发电平时置 1，并自动平滑停止该轴
8	IO 急停触发标志 如果轴设置了急停 IO，当其输入为触发电平时置 1，并自动急停该轴
9	电机使能标志 电机使能时置 1
10	规划运动标志 规划器运动时置 1
11	电机到位标志 规划器静止，规划位置和实际位置的误差小于设定误差带，并且在误差带内保持设定时间后，置起到位标志
12~31	保留

驱动器报警标志、限位触发标志、IO 停止、跟随误差越限标志触发以后，不会自动清 0。只有当产生异常的原因已经消除以后，调用 GT_ClrSts 指令才能清除相应的异常标志。

规划运动状态(bit10)只表示理论上的运动状态。置 1 表示处于规划运动状态，清 0 表示处于规划静止状态。由于电机跟随滞后、机械系统震荡等原因，一般在规划静止一段时间以后，机械系统才能完全停止。

电机到位标志(bit11)表示实际到位状态。置 1 表示已经处于规划静止状态(bit10=0)，并且规划位置和编码器位置的误差在设定的误差带内保持了设定时间。当规划运动或者规划位置和编码器位置的误差超出误差带时立即清 0。检测电机到位标志可以保证系统的定位精度，应当根据机械系统的实际情况设置合适的到位误差带和误差带保持时间。如果到位误差带设置的太小，或者误差带保持时间太长，都会使到位时间增长，影响加工效率。

4.2.2 轴(axis)状态读取的相关指令

在 3.2.1 中关于轴(axis)的配置部分曾经提到，规划器(profile)和编码器(encoder)的输出值可以通过 axis 进行当量变换之后，再输出。上述与 axis 相关的状态读取指令主要用来读取 profile 和 encoder 的输出值经过当量变换之后的值。

其中，GT_GetAxisPrfPos、GT_GetAxisPrfVel 和 GT_GetAxisPrfAcc 用来读取 profile 输出值经过当量变换之后的规划位置、规划速度和规划加速度。GT_GetAxisEncPos、GT_GetAxisEncVel 和 GT_GetAxisEncAcc 用来读取 encoder 输出值经过当量变换之后的编码器位置值。GT_GetAxisError 指令用来读取 profile 经过当量变换之后的规划位置与 encoder 经过当量变换之后的编码器位置的差值。

第五章 运动模式

GTS 系列运动控制器每个轴都可以独立工作在点位、Jog、PT、PVT、电子齿轮或 Follow 运动模式(电子凸轮)下。

设置运动模式指令列表

指令	说明
GT_PrfTrap	设置指定轴为点位模式
GT_PrfJog	设置指定轴为 Jog 模式
GT_PrfPt	设置指定轴为 PT 模式
GT_PrfGear	设置指定轴为电子齿轮模式
GT_PrfFollow	设置指定轴为 Follow 模式
GT_PrfPvt	设置指定轴为 PVT 模式
GT_GetPrfMode	查询指定轴的运动模式

只能在规划静止状态下切换轴运动模式。调用 GT_Stop 指令可以停止一个或多个轴的运动。

5.1 点位运动

5.1.1 指令列表

设置点位运动指令列表

指令	说明
GT_PrfTrap	设置指定轴为点位运动模式
GT_SetTrapPrm	设置点位模式运动参数
GT_GetTrapPrm	读取点位模式运动参数
GT_SetPos	设置目标位置
GT_GetPos	读取目标位置
GT_SetVel	设置目标速度
GT_GetVel	读取目标速度
GT_Update	启动点位运动

点位运动指令参数说明

GT_PrfTrap(short profile)	
profile	规划轴号
GT_SetTrapPrm(short profile,TTrapPrm *pPrm)	
profile	规划轴号
pPrm	设置点位模式运动参数

	typedef struct TrapPrm
	{
	double acc; // 加速度，单位“脉冲/毫秒 2”
	double dec; // 减速度，单位“脉冲/毫秒 2”
	double velStart; // 起跳速度，单位“脉冲/毫秒”
	short smoothTime; // 平滑时间，单位“毫秒”
	} TTrapPrm;

GT_GetTrapPrm(short profile,TTrapPrm *pPrm)	
profile	规划轴号
pPrm	读取点位模式运动参数
GT_SetPos(short profile,long pos)	
profile	规划轴号
pos	设置目标位置，单位是脉冲
GT_GetPos(short profile,long *pPos)	
profile	规划轴号
pPos	读取目标位置，单位是脉冲
GT_SetVel(short profile,double vel)	
profile	规划轴号
vel	设置目标速度，单位是“脉冲/毫秒”
GT_GetVel(short profile,double *pVel)	
profile	规划轴号
pVel	读取目标位置，单位是“脉冲/毫秒”
GT_Update(long mask)	
mask	按位指示需要启动点位运动的轴号 bit0 表示 1 轴，bit1 表示 2 轴，… 当 bit 位为 1 时表示启动对应的轴

5.1.2 重点说明

在点位运动模式下，各轴可以独立设置目标位置、目标速度、加速度、减速度、起跳速度、平滑时间等运动参数，能够独立运动或停止。

调用 GT_Update 指令启动点位运动以后，控制器根据设定的运动参数自动生成相应的梯形曲线速度规划，并且在运动过程中可以随时修改目标位置和目标速度。

设定平滑时间能够得到平滑的速度曲线，从而使加减速过程更加平稳，如图所示。

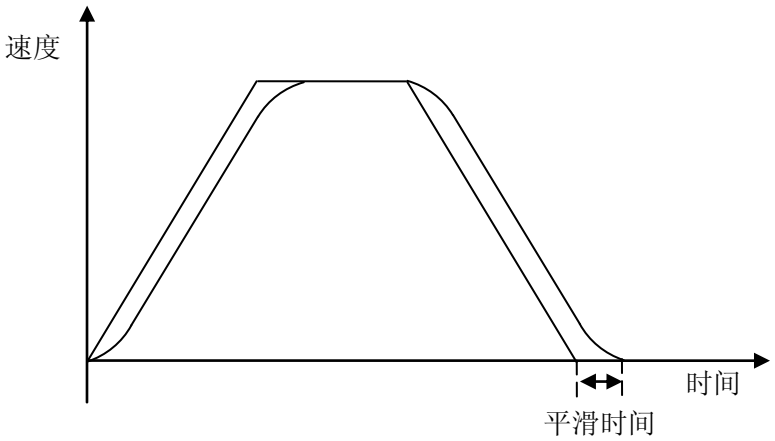


图 5-1-1 点位运动速度曲线

平滑时间是指加速度的变化时间，单位是毫秒，取值范围是[0,50]。

5.1.3 例程

该例程生成一段梯形曲线速度规划，如图所示：

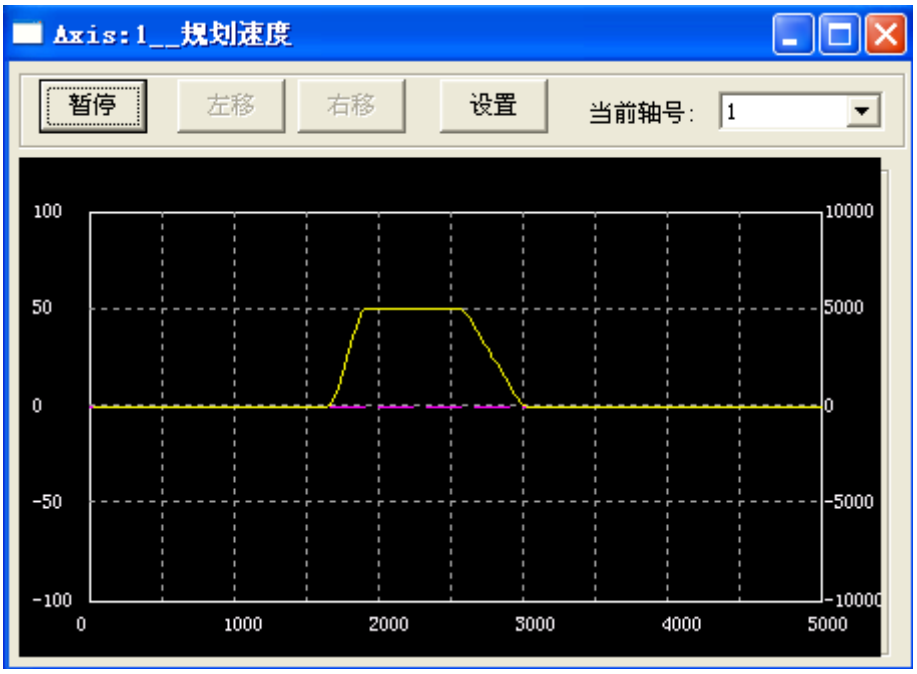


图 5-1-2 点位运动速度规划

```
#include "stdafx.h"
#include "conio.h"
#include "gts.h"

#define AXIS       1

int main(int argc, char* argv[])
```

```
{
    short rtn;
    TTrapPrm trap;
    long sts;
    double prfPos;

    // 打开运动控制器
    rtn = GT_Open();
    printf("GT_Open()=%d\n",rtn);

    // 配置运动控制器
    // 注意：配置文件取消了各轴的报警和限位
    rtn = GT_LoadConfig("test.cfg");
    printf("GT_LoadConfig()=%d\n",rtn);

    // 清除各轴的报警和限位
    rtn = GT_ClrSts(1,8);
    printf("GT_ClrSts()=%d\n",rtn);

    // AXIS轴规划位置清零
    rtn = GT_SetPrfPos(AXIS,0);
    printf("GT_SetPrfPos()=%d\n",rtn);

    // 将AXIS轴设为点位模式
    rtn = GT_PrfTrap(AXIS);
    printf("GT_PrfTrap()=%d\n",rtn);

    // 读取点位运动参数
    rtn = GT_GetTrapPrm(AXIS,&trap);
    printf("GT_GetTrapPrm()=%d\n",rtn);
    trap.acc = 0.25;
    trap.dec = 0.125;
    trap.smoothTime = 25;
    // 设置点位运动参数
    rtn = GT_SetTrapPrm(AXIS,&trap);
    printf("GT_SetTrapPrm()=%d\n",rtn);

    // 设置AXIS轴的目标位置
    rtn = GT_SetPos(AXIS,50000L);
    printf("GT_SetPos()=%d\n",rtn);

    // 设置AXIS轴的目标速度
    rtn = GT_SetVel(AXIS,50);
    printf("GT_SetVel()=%d\n",rtn);
```

```
    // 启动AXIS轴的运动
    rtn = GT_Update(1<<(AXIS-1));
    printf("GT_Update()=%d\n",rtn);

    do
    {
        // 读取AXIS轴的状态
        rtn = GT_GetSts(AXIS,&sts);

        // 读取AXIS轴的规划位置
        rtn = GT_GetPrfPos(AXIS,&prfPos);

        printf("sts=0x%-10lxprfPos=%-10.1lf\r",sts,prfPos);
    }while(sts&0x400); // 等待AXIS轴规划停止

    getch();

    return 0;
}
```

5.2 Jog 模式

5.2.1 指令列表

设置 Jog 模式指令列表

指令	说明
GT_PrfJog	设置指定轴为 Jog 模式
GT_SetJogPrm	设置 Jog 运动参数
GT_GetJogPrm	读取 Jog 运动参数
GT_SetVel	设置目标速度，单位是“脉冲/毫秒”
GT_GetVel	读取目标速度，单位是“脉冲/毫秒”
GT_Update	启动 Jog 模式运动

Jog 模式指令参数说明

GT_PrfJog(short profile)	
profile	规划轴号
GT_SetJogPrm(short profile,TJogPrm *pPrm)	
profile	规划轴号

pPrm	设置 Jog 模式运动参数
	typedef struct JogPrm
	{
	double acc; // 加速度，单位“脉冲/毫秒 ^{2}”
	double dec; // 减速度，单位“脉冲/毫秒 ^{2}”
	double smooth; // 平滑系数，取值范围[0,1)
	} TJogPrm;

GT_GetJogPrm(short profile,TJogPrm *pPrm)	
profile	规划轴号
pPrm	读取 Jog 模式指令运动参数

5.2.2 重点说明

在 Jog 运动模式下，各轴可以独立设置目标速度、加速度、减速度、平滑系数等运动参数，能够独立运动或停止。

调用 GT_Update 指令启动 Jog 运动以后，按照设定的加速度加速到目标速度后保持匀速运动，在运动过程中可以随时修改目标速度，如图所示：

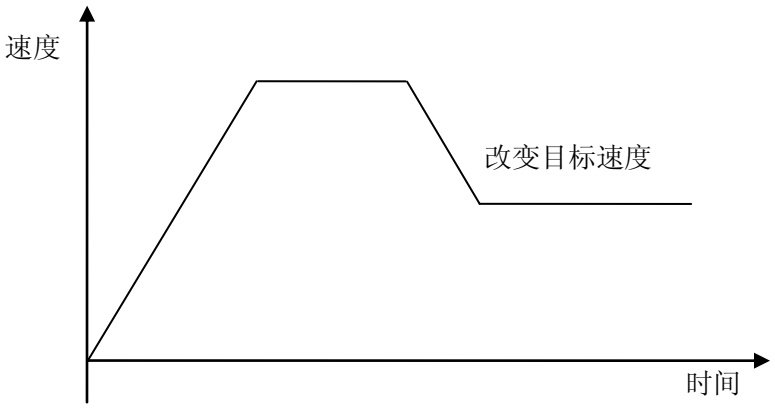


图 5-2-1 Jog 模式速度曲线

设定平滑系数能够得到平滑的速度曲线，从而使加减速过程更加平稳。平滑系数的取值范围是[0，1)，越接近 1，加速度变化越平稳。

5.2.3 例程

该例程在 jog 模式下动态改变目标速度，如图所示：

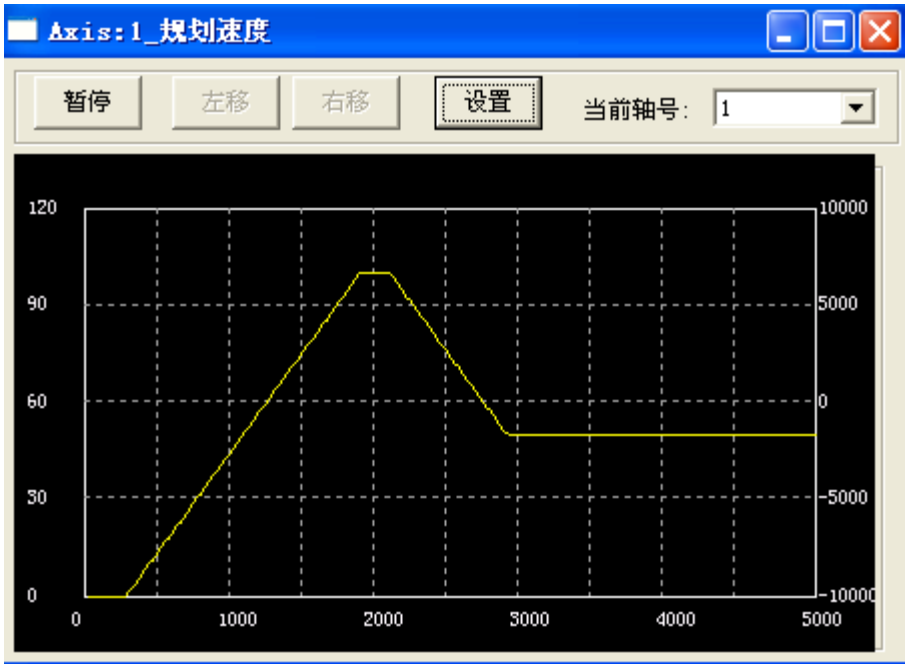


图 5-2-2 Jog 模式动态改变目标速度

```
#include "stdafx.h"
#include "conio.h"
#include "gts.h"
#define AXIS       1
int main(int argc, char* argv[])
{
```

```
short rtn;
TJogPrm jog;
long sts;
double prfPos,prfVel;

// 打开运动控制器
rtn = GT_Open();
printf("GT_Open()=%d\n",rtn);

// 复位运动控制器
rtn = GT_Reset();
printf("GT_Reset()=%d\n",rtn);

// 配置运动控制器
// 注意：配置文件取消了各轴的报警和限位
rtn = GT_LoadConfig("test.cfg");
printf("GT_LoadConfig()=%d\n",rtn);

// 清除各轴的报警和限位
rtn = GT_ClrSts(1,8);
printf("GT_ClrSts()=%d\n",rtn);

// 将AXIS轴设为Jog模式
rtn = GT_PrfJog(AXIS);
printf("GT_PrfJog()=%d\n",rtn);
// 读取Jog运动参数
rtn = GT_GetJogPrm(AXIS,&jog);
printf("GT_GetJogPrm()=%d\n",rtn);
jog.acc = 0.0625;
jog.dec = 0.0625;
// 设置Jog运动参数
rtn = GT_SetJogPrm(AXIS,&jog);
printf("GT_SetJogPrm()=%d\n",rtn);

// 设置AXIS轴的目标速度
rtn = GT_SetVel(AXIS,100);
printf("GT_SetVel()=%d\n",rtn);

// 启动AXIS轴的运动
rtn = GT_Update(1<<(AXIS-1));
printf("GT_Update()=%d\n",rtn);

while(1)
{
```

```
        // 读取AXIS轴的状态
        rtn = GT_GetSts(AXIS,&sts);

        // 读取AXIS轴的规划位置
        rtn = GT_GetPrfPos(AXIS,&prfPos);

        // 读取AXIS轴的规划速度
        rtn = GT_GetPrfVel(AXIS,&prfVel);

        printf("sts=0x%-10lxprfVel=%-10.2lfprfPos=%-10.1lf\r",sts,prfVel,prfPos);

        if( prfPos >= 100000 )
        {
            // 设置AXIS轴新的目标速度
            rtn = GT_SetVel(AXIS,50);
            printf("\nGT_SetVel()=%d",rtn);

            // AXIS轴新的目标速度生效
            rtn = GT_Update(1<<(AXIS-1));
            printf("\nGT_Update()=%d\n",rtn);

            break;
        }
    }

    while(!kbhit())
    {
        // 读取AXIS轴的状态
        rtn = GT_GetSts(AXIS,&sts);

        // 读取AXIS轴的规划位置
        rtn = GT_GetPrfPos(AXIS,&prfPos);

        // 读取AXIS轴的规划速度
        rtn = GT_GetPrfVel(AXIS,&prfVel);

        printf("sts=0x%-10lxprfVel=%-10.2lfprfPos=%-10.1lf\r",sts,prfVel,prfPos);
    }

    getch();


    return 0;
}
```

5.3 PT 模式

5.3.1 指令列表

设置 PT 模式指令列表

指令	说明
GT_PrfPt	设置指定轴为 PT 模式
GT_PtSpace	查询 PT 指定 FIFO 的剩余空间
GT_PtData	向 PT 指定 FIFO 增加数据
GT_PtClear	清除 PT 指定 FIFO 中的数据 运动状态下该指令无效 动态模式下该指令无效
GT_SetPtLoop	设置 PT 模式循环执行的次数 动态模式下该指令无效
GT_GetPtLoop	查询 PT 模式循环执行的次数 动态模式下该指令无效
GT_PtStart	启动 PT 模式运动
GT_SetPtMemory	设置 PT 运动模式的缓存区大小
GT_GetPtMemory	读取 PT 运动模式的缓存区大小

PT 模式指令参数说明

GT_PrfPt(short profile,short mode=PT_MODE_STATIC)	
profile	规划轴号
mode	指定 FIFO 使用模式 PT_MODE_STATIC 静态模式，默认 PT_MODE_DYNAMIC 动态模式
GT_PtSpace(short profile,short *pSpace,short fifo=0)	
profile	规划轴号
pSpace	读取 PT 指定 FIFO 的剩余空间
fifo	指定所要查询的 FIFO，默认为 0 动态模式下该参数无效
GT_PtData(short profile,double pos,long time,short type,short fifo)	
profile	规划轴号
pos	段末位置，单位脉冲
time	段末时间，单位毫秒
type	数据段类型 PT_SEGMENT_NORMAL 普通段，默认 PT_SEGMENT_EVEN 匀速段 PT_SEGMENT_STOP 减速到 0 段
fifo	指定存放运动数据的 FIFO，默认为 0

	动态模式下该参数无效
GT_PtClear(short profile,short fifo)	
profile	规划轴号
fifo	指定所要清空的 FIFO，默认为 0 动态模式下该参数无效
GT_SetPtLoop(short profile,long loop)	
profile	规划轴号
loop	指定 PT 模式循环执行的次数，如果需要无限循环，设置为 0 动态模式下该参数无效
GT_GetPtLoop(short profile,long *pLoop)	
profile	规划轴号
pLoop	查询 PT 模式循环已经执行完成的次数 动态模式下该参数无效
GT_PtStart(long mask,long option)	
mask	按位指示需要启动 PT 运动的轴号 bit0 表示 1 轴，bit1 表示 2 轴，… 当 bit 位为 1 时表示启动对应的轴
option	按位指示所使用的 FIFO，默认为 0 bit0 表示 1 轴，bit1 表示 2 轴，… 当 bit 位为 0 时表示对应的轴使用 FIFO1 当 bit 位为 1 时表示对应的轴使用 FIFO2 动态模式下该参数无效
GT_SetPtMemory(short profile,short memory)	
profile	规划轴号
memory	PT 运动缓存区大小标志： 0：每个 PT 运动缓存区有 32 段空间。 1：每个 PT 运动缓存区有 1024 段空间。
GT_GetPtMemory(short profile,short *pMemory)	
profile	规划轴号
pMemory	读取 PT 运动缓存区大小标志

5.3.2 重点说明

PT 模式非常灵活，能够实现任意速度规划。用户通过直接输入位置和时间参数描述运动规律。

PT 模式使用一系列“位置、时间”数据点描述速度规划，用户需要将速度曲线分割成若干段，如下图所示。

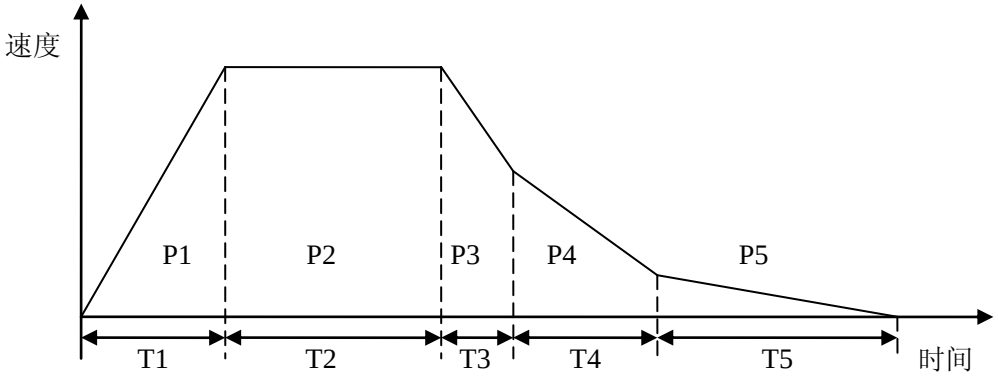


图 5-3-1 PT 运动速度曲线

整个速度曲线被分割成 5 段，第 1 段起点速度为 0，经过时间 T1 运动位移 P1，因此第 1 段的终点速度为 $v1=\frac{2P1}{T1}$；第 2 段起点速度为 v1，经过时间 T2 运动位移 P2，因此第 2 段的终点速度为 $v2=\frac{2P2}{T2}-v1$；第 3、4、5 段依此类推。

用户只需要给出每段所需时间和位移，运动控制器会计算段内各点的速度和位置，生成一条连续的速度曲线。为了得到光滑的速度曲线，可以增加速度曲线的分割段数。

在描述一次完整的 PT 运动时，第 1 段的起点位置和时间被假定为 0，各段的终点位置和时间都是相对于第 1 段的起点的绝对值。位置的单位是脉冲，时间单位是毫秒。

5.3.2.1 数据段类型

PT 模式的数据段有 3 种类型。

PT_SEGMENT_NORMAL 表示普通段，FIFO 中第 1 段的起点速度为 0，从第 2 段起每段的起点速度等于上一段的终点速度。

PT_SEGMENT_EVEN 表示匀速段，FIFO 中各段的段内速度保持不变，段内速度=段内位移/段内时间。如图所示：

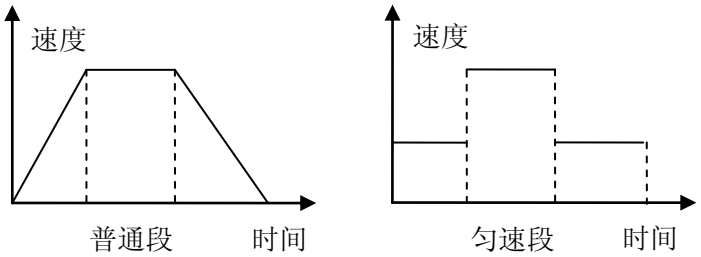


图 5-3-2 PT 模式匀速段类型

PT_SEGMENT_STOP 表示停止段，该段的终点速度为 0，起点速度根据段内位移和段内时间计算得到，和上一段的终点速度无关。如图所示：

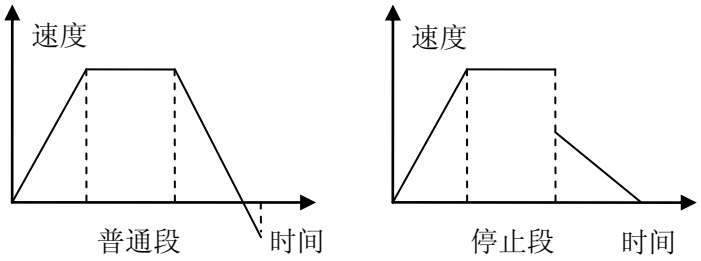


图 5-3-3 PT 模式停止段类型

5.3.2.2 PT 运动模式

PT 具有 2 种 FIFO 使用模式：静态模式和动态模式。

PT 具有 2 个 FIFO 用来存放数据。

静态模式下，可以选择启动其中一个 FIFO，运动完成以后规划停止。控制器不会清除 FIFO 中的数据，用户可以重复使用 FIFO 中的数据。静止状态下调用 GT_PtClear 指令可以清空指定 FIFO。在运动状态下不能清空正在使用的 FIFO，但可以清除没有在使用的 FIFO。

动态模式下，当一个 FIFO 中的数据用完以后会自动清空，同时切换到另一个 FIFO，此时可以向控制器发送新的 PT 数据。当 2 个 FIFO 中的数据都用完以后规划停止。为了避免异常停止，必须在 2 个 FIFO 中的数据都用完之前及时发送新的数据。调用 GT_PtSpace 指令可以查询剩余多少数据空间。

在切换到 PT 模式的同时设置 FIFO 为“静态模式”或“动态模式”。进入 PT 模式以后就不能修改 FIFO 的使用模式。

5.3.3 例程

5.3.3.1 PT 静态 FIFO

该例程生成一段梯形曲线速度规划，如图所示：

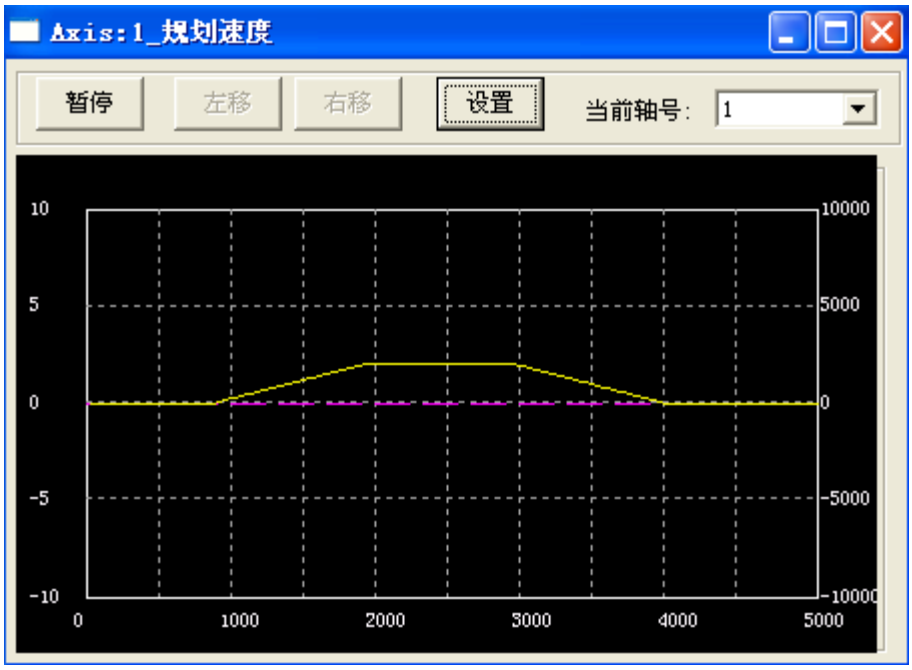


图 5-3-4 PT 模式梯形曲线速度规划

```
#include "stdafx.h"
#include "conio.h"
#include "gts.h"

#define AXIS       1

int main(int argc, char* argv[])
{
     short rtn,space;
     double pos;
     long time;
     long sts;
     double prfPos,prfVel;

     // 打开运动控制器
     rtn = GT_Open();
     printf("GT_Open()=%d\n",rtn);

     // 复位控制器
     rtn = GT_Reset();
     printf("GT_Reset()=%d\n",rtn);

     // 配置运动控制器
     // 注意：配置文件取消了各轴的报警和限位
     rtn = GT_LoadConfig("test.cfg");
     printf("GT_LoadConfig()=%d\n",rtn);
```

```
// 清除各轴的报警和限位
rtn = GT_ClrSts(1,8);
printf("GT_ClrSts()=%d\n",rtn);

// 将AXIS轴设为PT模式
rtn = GT_PrfPt(AXIS);
printf("GT_PrfPt()=%d\n",rtn);

// 清除AXIS轴的FIFO
rtn = GT_PtClear(AXIS);
printf("GT_PtClear()=%d\n",rtn);

// 查询PT模式FIFO的剩余空间
rtn = GT_PtSpace(AXIS,&space);
printf("GT_PtSpace()=%d\tspace=%d\n",rtn,space);

// 向FIFO中增加运动数据
pos = 1024;
time = 1024;
rtn = GT_PtData(AXIS,pos,time);
printf("GT_PtData()=%d\n",rtn);

// 查询PT模式FIFO的剩余空间
rtn = GT_PtSpace(AXIS,&space);
printf("GT_PtSpace()=%d\tspace=%d\n",rtn,space);

// 向FIFO中增加运动数据
pos += 2048;
time += 1024;
rtn = GT_PtData(AXIS,pos,time);
printf("GT_PtData()=%d\n",rtn);

// 查询PT模式FIFO的剩余空间
rtn = GT_PtSpace(AXIS,&space);
printf("GT_PtSpace()=%d\tspace=%d\n",rtn,space);

// 向FIFO中增加运动数据
pos += 1024;
time += 1024;
rtn = GT_PtData(AXIS,pos,time);
printf("GT_PtData()=%d\n",rtn);

// 启动PT运动
```

```
    rtn = GT_PtStart(1<<(AXIS-1));
    printf("GT_PtStart()=%d\n",rtn);

    while(!kbhit())
    {
        // 读取AXIS轴的状态
        rtn = GT_GetSts(AXIS,&sts);

        // 读取AXIS轴的规划位置
        rtn = GT_GetPrfPos(AXIS,&prfPos);

        // 读取AXIS轴的规划速度
        rtn = GT_GetPrfVel(AXIS,&prfVel);

        printf("sts=0x%-10lxprfVel=%-10.2lfprfPos=%-10.1lf\r",sts,prfVel,prfPos);
    }

    return 0;
}
```

5.3.3.2 PT 动态 FIFO

该例程生成一段正弦曲线速度规划，如图所示：

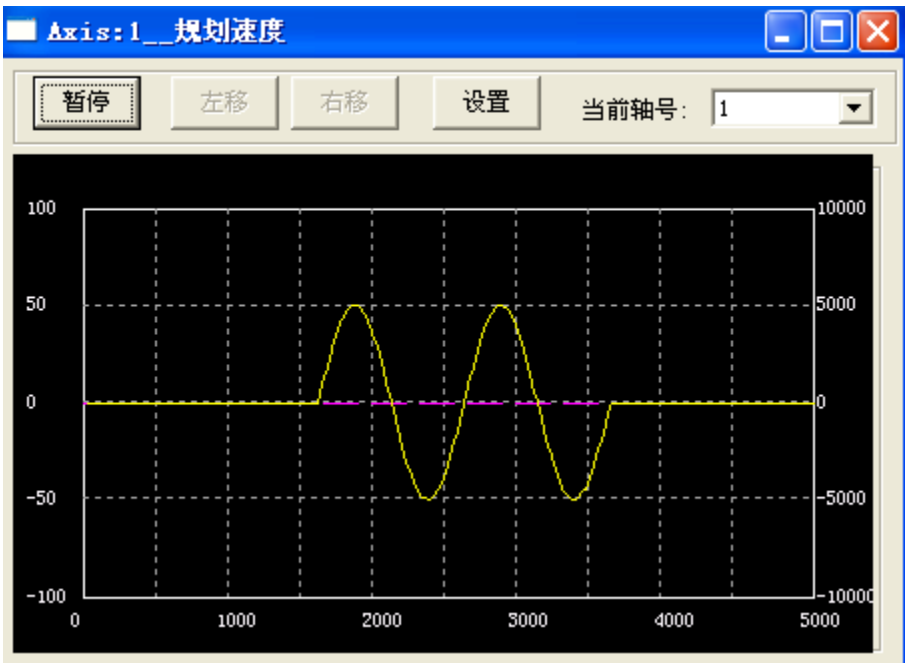


图 5-3-5 PT 模式正弦曲线速度规划

```
#include "stdafx.h"
#include "conio.h"
```

```
#include "math.h"
#include "gts.h"

#define AXIS       1

#define A          50                  // 幅值
#define T          1                   // 周期
#define DELTA      0.016               // 时间分段
#define LOOP       2                   // 循环次数

#define PI              3.1415926

int main(int argc, char* argv[])
{
     short rtn,space;
     double pos,vel,velPre,time;
     long sts;
     double prfPos,prfVel;
     short start,loop;

     // 打开运动控制器
     rtn = GT_Open();
     printf("GT_Open()=%d\n",rtn);

     // 配置运动控制器
     // 注意：配置文件取消了各轴的报警和限位
     rtn = GT_LoadConfig("test.cfg");
     printf("GT_LoadConfig()=%d\n",rtn);

     // 清除各轴的报警和限位
     rtn = GT_ClrSts(1,8);
     printf("GT_ClrSts()=%d\n",rtn);

     // 将AXIS轴设为PT模式
     rtn = GT_PrfPt(AXIS,PT_MODE_DYNAMIC);
     printf("GT_PrfPt()=%d\n",rtn);

     // 清空AXIS轴的FIFO
     rtn = GT_PtClear(AXIS);
     printf("GT_PtClear()=%d\n",rtn);

     pos = 0;
     vel = velPre = 0;
     time = 0;
```

```
start = 0;
loop = 1;

while(1)
{
    // 查询PT模式FIFO的剩余空间
    rtn = GT_PtSpace(AXIS,&space);
    if( space > 0 )
    {
        time += DELTA;

        // 计算段末速度
        vel = A*sin((2*PI)/T*time);

        // 计算段内位移
        pos += 1000*(vel+velPre)*DELTA/2;

        velPre = vel;

        if(time < loop*T)
        {
            // 发送新数据
            rtn = GT_PtData(AXIS,pos,(long)(time*1000));
            if( 0 != rtn )
            {
                printf("\nGT_PtData()=%d\n",rtn);
                getch();
                return 1;
            }
        }
        else
        {
            // 发送终点数据
            rtn = GT_PtData(AXIS,0,loop*T*1000,PT_SEGMENT_STOP);
            if( 0 != rtn )
            {
                printf("\nGT_PtData()=%d\n",rtn);
                getch();
                return 1;
            }

            pos = 0;
            time = loop*T;
            velPre = 0;
```

```
                ++loop;

                if( loop > LOOP )
                {
                    break;
                }
            }
        }
        else if( 0 == start )
        {
            // 启动PT运动
            rtn = GT_PtStart(1<<(AXIS-1));
            printf("\nGT_PtStart()=%d\n",rtn);

            start = 1;
        }

        // 读取AXIS轴的状态
        rtn = GT_GetSts(AXIS,&sts);

        // 读取AXIS轴的规划位置
        rtn = GT_GetPrfPos(AXIS,&prfPos);

        // 读取AXIS轴的规划速度
        rtn = GT_GetPrfVel(AXIS,&prfVel);

        printf("sts=0x%-10lxprfVel=%-10.2lfprfPos=%-10.1lf\r",sts,prfVel,prfPos);
    }

    while(!kbhit())
    {
        // 读取AXIS轴的状态
        rtn = GT_GetSts(AXIS,&sts);

        // 读取AXIS轴的规划位置
        rtn = GT_GetPrfPos(AXIS,&prfPos);

        // 读取AXIS轴的规划速度
        rtn = GT_GetPrfVel(AXIS,&prfVel);

        printf("sts=0x%-10lxprfVel=%-10.2lfprfPos=%-10.1lf\r",sts,prfVel,prfPos);
    }
```

```
    getch();

    return 0;
}
```

5.4 电子齿轮

5.4.1 指令列表

设置电子齿轮指令列表

指令	说明
GT_PrfGear	设置指定轴为电子齿轮模式
GT_SetGearMaster	设置跟随主轴
GT_GetGearMaster	读取跟随主轴
GT_SetGearRatio	设置电子齿轮比
GT_GetGearRatio	读取电子齿轮比
GT_GearStart	启动电子齿轮

电子齿轮指令参数说明

GT_PrfGear (short profile ,short dir)	
profile	规划轴号
dir	设置跟随方式 0 表示双向跟随，1 表示正向跟随，-1 表示负向跟随
GT_SetGearMaster(short profile , short masterIndex, short masterType,short masterItem)	
profile	规划轴号
masterIndex	主轴索引
masterType	主轴类型 GEAR_MASTER_ENCODER 表示跟随编码器(encoder)的输出值 GEAR_MASTER_PROFILE 表示跟随规划轴(profile)的输出值(默认) GEAR_MASTER_AXIS 表示跟随轴(axis)的输出值
masterItem	轴类型，当 masterType=GEAR_MASTER_AXIS 时起作用 0 表示 axis 的规划位置输出值(默认) 1 表示 axis 的编码器位置输出值
GT_GetGearMaster(short profile, short *pMasterIndex, short *pMasterType,short *pMasterItem)	
profile	规划轴号
pMasterIndex	主轴索引
pMasterType	主轴类型
pMasterItem	轴的输出位置值类型
GT_SetGearRatio(short profile,long masterEven,long slaveEven,long masterSlope)	
profile	规划轴号
masterEven	传动比，主轴位移
slaveEven	传动比，从轴位移
masterSlope	主轴离合区位移
GT_GetGearRatio(short profile,long *pMasterEven,long *pSlaveEven,long *pMasterSlope)	
profile	规划轴号

pMasterEven	主轴位移
pSlaveEven	从轴位移
pMasterSlope	主轴离合区位移
GT_GearStart(long mask)	
mask	按位指示需要启动 Gear 运动的轴号 bit0 表示 1 轴，bit1 表示 2 轴，… 当 bit 位为 1 时表示启动对应的轴

5.4.2 重点说明

电子齿轮模式能够将 2 轴或多轴联系起来，实现精确的同步运动，从而替代传统的机械齿轮连接。电子齿轮模式能够灵活的设置传动比，节省机械系统的安装时间。

电子齿轮模式下，1 个主轴能够驱动多个从轴，从轴可以跟随主轴的规划位置、编码器位置。

为了减少跟随滞后，从轴的轴号应当大于主轴的轴号。

电子齿轮模式能够在线修改传动比，当改变传动比时，可以设置离合区间，实现平滑变速，如图所示。

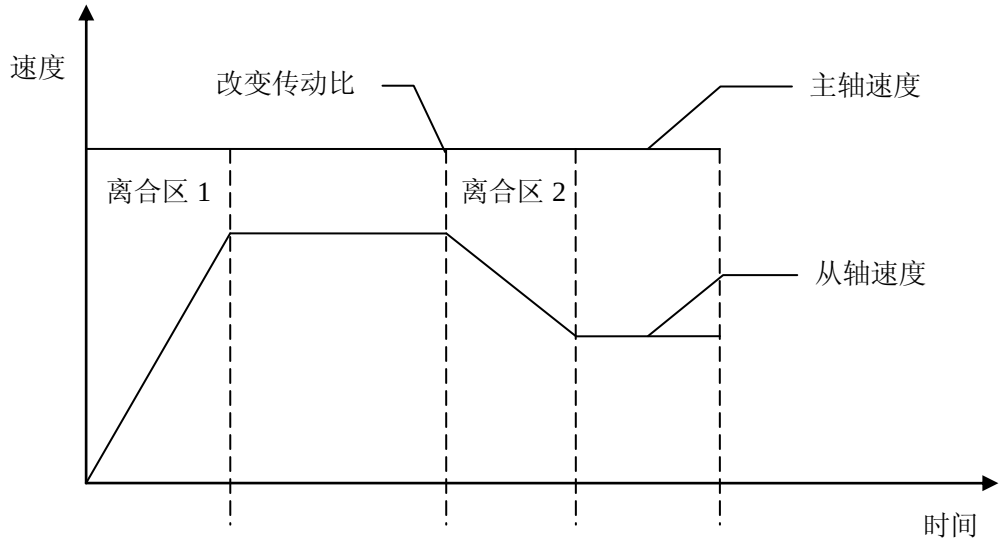


图 5-4-1 电子齿轮模式速度曲线

主轴匀速运动，从轴为电子齿轮模式，在离合区 1 从轴的传动比从 0 逐渐增大到设定传动比。当改变传动比时，在离合区 2 从轴的传动比逐渐变化到新的传动比。离合区越大，从轴传动比的变化过程越平稳。

如果从轴轴号为 slave，当主轴位移 alpha 时从轴位移 beta，主轴运动 slope 位移后从轴到达设定传动比，应当调用以下指令：

GT_SetGearRatio(slave,alpha，beta，slope)；

5.4.3 例程

该例程主轴为 Jog 模式，从轴为电子齿轮模式，传动比为 2：1，主轴运动离合区位移后，从轴达到设定的传动比，如图所示：

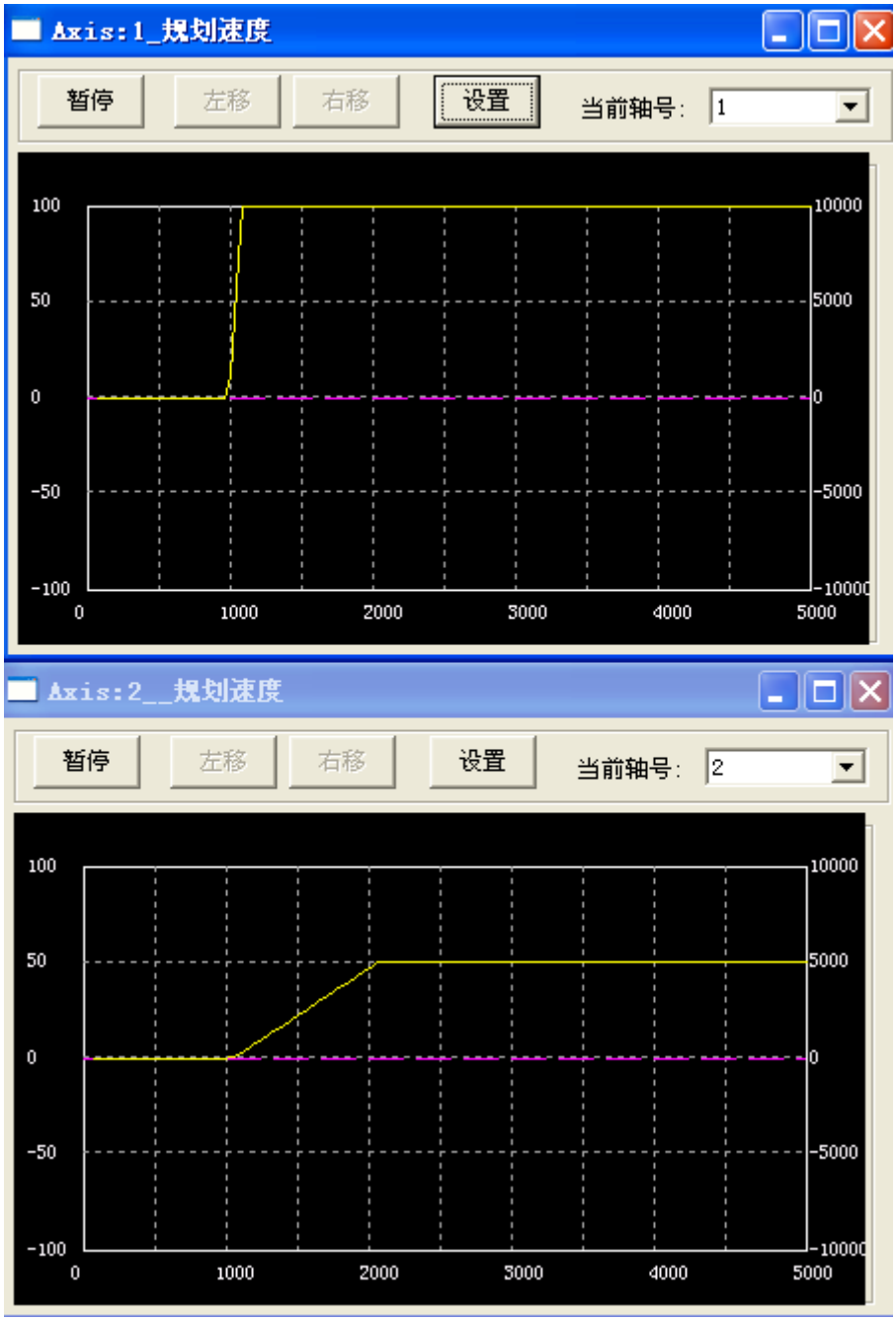


图 5-4-2 电子齿轮速度规划

```
#include "stdafx.h"
#include "conio.h"
#include "gts.h"

#define MASTER              1
```

```
#define SLAVE           2

int main(int argc, char* argv[])
{
    short rtn;
    double prfVel[8];
    TJogPrm jog;

    // 打开运动控制器
    rtn = GT_Open();
    printf("GT_Open()=%d\n",rtn);

    // 复位运动控制器
    rtn = GT_Reset();
    printf("GT_Reset()=%d\n",rtn);

    // 配置运动控制器
    // 注意：配置文件test.cfg取消了各轴的报警和限位
    rtn = GT_LoadConfig("test.cfg");
    printf("GT_LoadConfig()=%d\n",rtn);

    // 清除各轴的报警和限位
    rtn = GT_ClrSts(1,8);
    printf("GT_ClrSts()=%d\n",rtn);

    // 将主轴设为Jog模式
    rtn = GT_PrfJog(MASTER);
    printf("GT_PrfJog()=%d\n",rtn);

    // 设置主轴运动参数
    rtn = GT_GetJogPrm(MASTER,&jog);
    printf("GT_GetJogPrm()=%d\n",rtn);
    jog.acc = 1;
    rtn = GT_SetJogPrm(MASTER,&jog);
    printf("GT_SetJogPrm()=%d\n",rtn);

    rtn = GT_SetVel(MASTER,100);
    printf("GT_SetVel()=%d\n",rtn);

    // 启动主轴
    rtn = GT_Update(1<<(MASTER-1));
    printf("GT_Update()=%d\n",rtn);

    // 将从轴设为Gear模式
```

```
    rtn = GT_PrfGear(SLAVE);
    printf("GT_PrfGear()=%d\n",rtn);

    // 设置主轴，默认跟随主轴规划位置
    rtn = GT_SetGearMaster(SLAVE,MASTER);
    printf("GT_SetGearMaster()=%d\n",rtn);

    // 设置从轴的传动比和离合区
    rtn = GT_SetGearRatio(SLAVE,2,1,100000);
    printf("GT_SetGearRatio()=%d\n",rtn);

    // 启动从轴
    rtn = GT_GearStart(1<<(SLAVE-1));
    printf("GT_GearStart()=%d\n",rtn);

    while(!kbhit())
    {
        // 查询各轴的规划速度
        rtn = GT_GetPrfVel(1,prfVel,8);

        printf("master vel=%-10.2lf\tslave
vel=%-10.2lf\r",prfVel[MASTER-1],prfVel[SLAVE-1]);
    }

    return 0;
}
```

5.5 Follow 模式

5.5.1 指令列表

设置 Follow 指令列表

指令	说明
GT_PrfFollow	设置指定轴为 Follow 模式
GT_SetFollowMaster	设置跟随主轴
GT_GetFollowMaster	读取跟随主轴
GT_SetFollowLoop	设置循环次数
GT_GetFollowLoop	读取循环次数
GT_SetFollowEvent	设置 Follow 模式启动跟随条件
GT_GetFollowEvent	读取 Follow 模式启动跟随条件
GT_FollowSpace	查询 Follow 指定 FIFO 的剩余空间
GT_FollowData	向 Follow 指定 FIFO 增加数据
GT_FollowClear	清除 Follow 指定 FIFO 中的数据 运动状态下该指令无效
GT_FollowStart	启动 Follow 模式运动
GT_FollowSwitch	切换 Follow 所使用的 FIFO
GT_SetFollowMemory	设置 Follow 运动模式的缓存区大小
GT_GetFollowMemory	读取 Follow 运动模式的缓存区大小

Follow 指令参数说明

GT_PrfFollow (short profile ,short dir)	
profile	规划轴号
dir	设置跟随方式 0 表示双向跟随，1 表示正向跟随，-1 表示负向跟随
GT_SetFollowMaster(short profile, short masterIndex, short masterType,short masterItem)	
profile	规划轴号
masterIndex	主轴索引
masterType	主轴类型 FOLLOW_MASTER_ENCODER 表示跟随编码器(encoder)的输出值 FOLLOW_MASTER_PROFILE 表示跟随规划轴(profile)的输出值(默认) FOLLOW_MASTER_AXIS 表示跟随轴(axis)的输出值
masterItem	轴类型，当 masterType=FOLLOW_MASTER_AXIS 时起作用 0 表示 axis 的规划位置输出值(默认) 1 表示 axis 的编码器位置输出值
GT_GetFollowMaster(short profile,short *pMasterIndex,short *pMasterType,short *pMasterItem)	
profile	规划轴号

pMasterIndex	主轴索引
pMasterType	主轴类型
pMasterItem	合成轴类型
GT_SetFollowLoop(short profile,short loop)	
profile	规划轴号
loop	指定 Follow 模式循环执行的次数
GT_GetFollowLoop(short profile,long *pLoop)	
profile	规划轴号
pLoop	读取 Follow 模式循环已经执行完成的次数
GT_SetFollowEvent(short profile,short event,short masterDir,long pos)	
profile	规划轴号
event	启动跟随条件 FOLLOW_EVENT_START 表示调用 GT_FollowStart 以后立即启动 FOLLOW_EVENT_PASS 表示主轴穿越设定位置以后启动跟随
masterDir	穿越启动时，主轴的运动方向 1 主轴正向运动，-1 主轴负向运动
pos	穿越位置，当 event 为 FOLLOW_EVENT_PASS 时有效
GT_GetFollowEvent(short profile,short *pEvent,short *pMasterDir,long *pPos)	
profile	规划轴号
pEvent	启动跟随条件
pMasterDir	主轴运动方向
pPos	穿越位置，当 event 为 FOLLOW_EVENT_PASS 时有效
GT_FollowSpace(short profile,short *pSpace，short fifo)	
profile	规划轴号
pSpace	读取 FIFO 的剩余空间
fifo	指定所要查询的 FIFO，默认为 0
GT_FollowData(short profile,long masterSegment,double slaveSegment,short type,short fifo)	
profile	规划轴号
masterSegment	主轴位移
slaveSegment	从轴位移
type	数据段类型 FOLLOW_SEGMENT_NORMAL 普通段，默认 FOLLOW_SEGMENT_EVEN 匀速段 FOLLOW_SEGMENT_STOP 减速到 0 段 FOLLOW_SEGMENT_CONTINUE 保持 FIFO 之间速度连续
fifo	指定存放数据的 FIFO，默认为 0
GT_FollowClear(short profile, short fifo)	
profile	规划轴号
fifo	指定需要清除的 FIFO，默认为 0
GT_FollowStart(long mask, long option)	
mask	按位指示需要启动 Follow 运动的轴号 bit0 表示 1 轴，bit1 表示 2 轴，… 当 bit 位为 1 时表示启动对应的轴

option	按位指示所使用的 FIFO，默认为 0 bit0 表示 1 轴，bit1 表示 2 轴，… 当 bit 位为 0 时表示对应的轴使用 FIFO1 当 bit 位为 1 时表示对应的轴使用 FIFO2
GT_FollowSwitch(long mask)	
mask	按位指示需要切换 Follow 工作 FIFO 的轴号 bit0 表示 1 轴，bit1 表示 2 轴，… 当 bit 位为 1 时表示切换对应的轴的 FIFO
GT_SetFollowMemory(short profile,short memory)	
profile	规划轴号
memory	Follow 运动缓存区大小标志： 0：每个 Follow 运动缓存区有 16 段空间。 1：每个 Follow 运动缓存区有 512 段空间。
GT_GetFollowMemory(short profile,short *pMemory)	
profile	规划轴号
pMemory	读取 Follow 运动缓存区大小标志

5.5.2 重点说明

在很多应用中，2 轴或多轴之间需要保证位置同步和速度同步。如图所示：

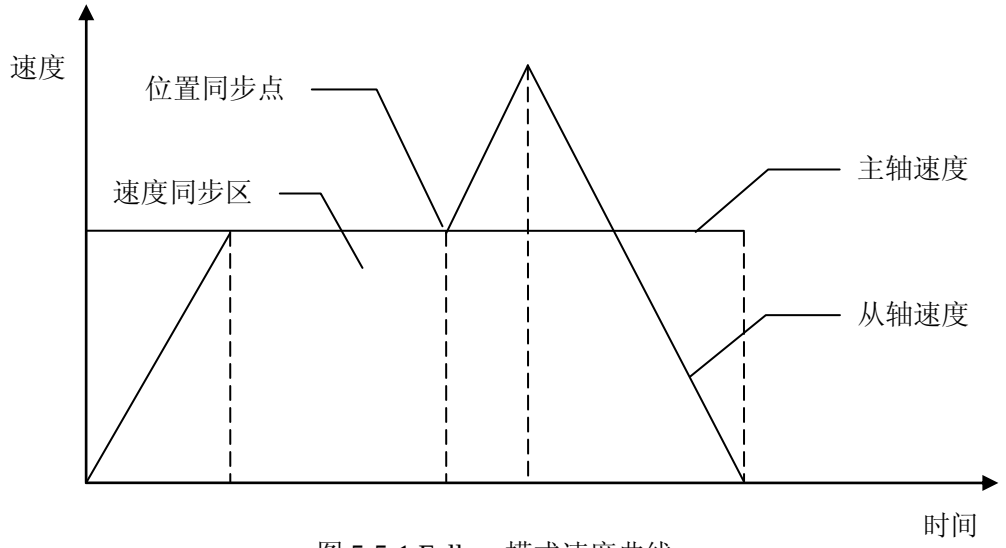


图 5-5-1 Follow 模式速度曲线

位置同步点表示主轴和从轴必须同时到达各自指定位置。

速度同步区表示主轴和从轴之间必须保持准确的速度比。

第 1 段是加速区，从轴逐渐加速，直至到达同步速度。

第 2 段是速度同步区，从轴和主轴保持设定的速度比，速度同步区结束时，主轴和从轴同时到达位置同步点。

第 3 段是加速区，从轴穿越位置同步点以后迅速加速，脱离速度同步区。

第 4 段是减速区，从轴逐渐减速到 0。

为了减少跟随滞后，从轴的轴号应当大于主轴的轴号。

5.5.2.1 数据段类型

Follow 模式的数据段有 4 种类型。

FOLLOW_SEGMENT_NORMAL 表示普通段，FIFO 中第 1 段的起点速度为 0，从第 2 段起每段的起点速度等于上一段的终点速度。

FOLLOW_SEGMENT_EVEN 表示匀速段，FIFO 中各段的段内速度保持不变。

FOLLOW_SEGMENT_STOP 表示停止段，该段的终点速度为 0，起点速度根据段内位移和段内时间计算得到，和上一段的终点速度无关。

FOLLOW_SEGMENT_CONTINUE 表示连续段，FIFO 中第一段的起点速度等于上个 FIFO 的终点速度，从第 2 段起每段的起点速度等于上一段的终点速度。

5.5.2.2 切换 FIFO

Follow 模式下有 2 个独立的 FIFO 用来保存数据。2 个 FIFO 之间可以在运动状态下进行切换。

如图 5-5-2 所示，从轴的运动规律需要从“速度曲线 1”变化到“速度曲线 3”，为了实现从轴速度的平滑过渡，增加了一个“速度曲线 2”的过渡状态。 “速度曲线 2”的起始速度和“速度曲线 1”相等，“速度曲线 2”的终点速度和“速度曲线 3”相等。

为了实现 2 个 FIFO 之间的速度连续，在调用 GT_FollowData 指令时应当将数据类型设置为 FOLLOW_SEGMENT_CONTINUE。

首先将“速度曲线 2”传递到 FIFO2 中，然后调用 GT_FollowSwitch 指令切换工作 FIFO。

当 FIFO1 中的数据全部执行完毕以后才会切换到 FIFO2，并自动清空 FIFO1 中的数据。

当切换到 FIFO2 以后，立即将“速度曲线 3”传递到 FIFO1，然后调用 GT_FollowSwitch 指令切换工作 FIFO。

当 FIFO2 中的数据全部执行完毕以后才会切换到 FIFO1，并自动清空 FIFO2 中的数据。

至此从轴的运动规律从“速度曲线 1”经“速度曲线 2”过渡到“速度曲线 3”。

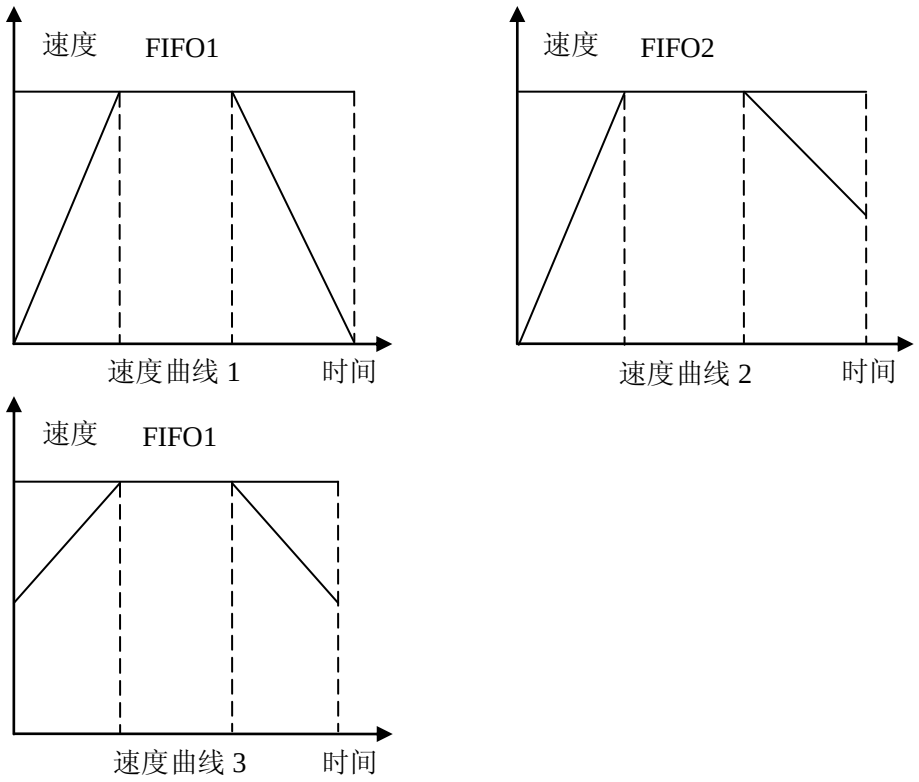


图 5-5-2 Follow 模式切换 FIFO

5.5.3 例程

5.5.3.1 Follow 单 FIFO

该例程主轴为 Jog 模式，从轴为 Follow 模式。从轴的运动规律由 3 段组成，加速段跟随，匀速跟随，减速跟随。如图所示：

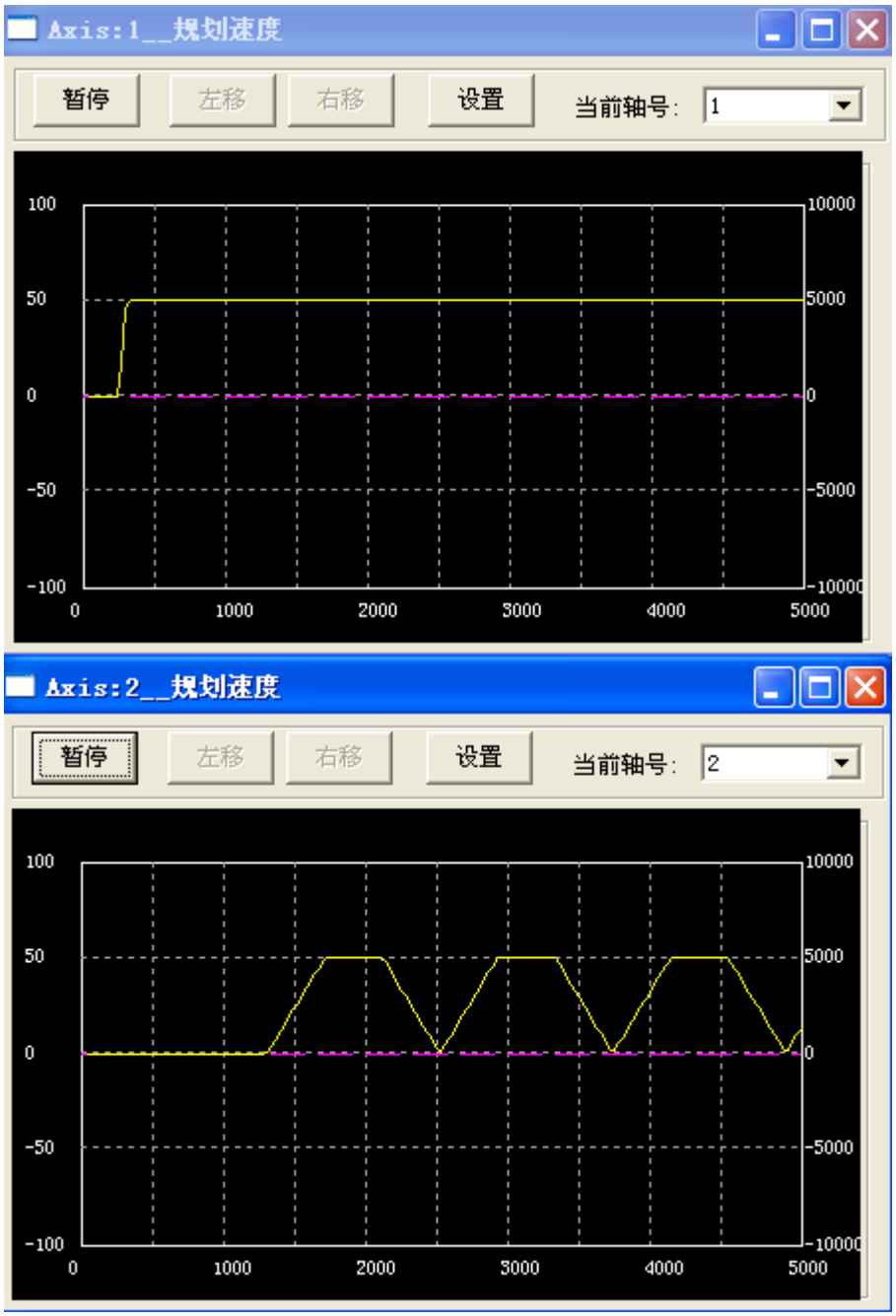


图 5-5-3Follow 速度规划

```
#include "stdafx.h"
#include "conio.h"
#include "gts.h"

#define MASTER              1
#define SLAVE           2

int main(int argc, char* argv[])
{
    short rtn;
```

```
double prfVel[8];
TJogPrm jog;
short space;
long masterPos;
double slavePos;
long loop;

// 打开运动控制器
rtn = GT_Open();
printf("GT_Open()=%d\n",rtn);

// 复位运动控制器
rtn = GT_Reset();
printf("GT_Reset()=%d\n",rtn);

// 配置运动控制器
// 注意：配置文件test.cfg取消了各轴的报警和限位
rtn = GT_LoadConfig("test.cfg");
printf("GT_LoadConfig()=%d\n",rtn);

// 清除各轴的报警和限位
rtn = GT_ClrSts(1,8);
printf("GT_ClrSts()=%d\n",rtn);

// 将主轴设为Jog模式
rtn = GT_PrfJog(MASTER);
printf("GT_PrfJog()=%d\n",rtn);

// 设置主轴运动参数
rtn = GT_GetJogPrm(MASTER,&jog);
printf("GT_GetJogPrm()=%d\n",rtn);
jog.acc = 1;
rtn = GT_SetJogPrm(MASTER,&jog);
printf("GT_SetJogPrm()=%d\n",rtn);

rtn = GT_SetVel(MASTER,50);
printf("GT_SetVel()=%d\n",rtn);

// 启动主轴
rtn = GT_Update(1<<(MASTER-1));
printf("GT_Update()=%d\n",rtn);

// 将从轴设为Follow模式
rtn = GT_PrfFollow(SLAVE);
```

```
printf("GT_PrfFollow()=%d\n",rtn);

// 清空从轴FIFO
rtn = GT_FollowClear(SLAVE);
printf("GT_FollowClear()=%d\n",rtn);

// 设置主轴，默认跟随主轴规划位置
rtn = GT_SetFollowMaster(SLAVE,MASTER);
printf("GT_SetFollowMaster()=%d\n",rtn);

// 查询Follow模式的剩余空间
rtn = GT_FollowSpace(SLAVE,&space);
printf("GT_FollowSpace()=%d space=%d\n",rtn,space);

// 向FIFO中增加运动数据
masterPos = 20000;
slavePos  = 10000;
rtn = GT_FollowData(SLAVE,masterPos,slavePos);
printf("GT_FollowData()=%d\n",rtn);

// 查询Follow模式的剩余空间
rtn = GT_FollowSpace(SLAVE,&space);
printf("GT_FollowSpace()=%d space=%d\n",rtn,space);

// 向FIFO中增加运动数据
masterPos += 20000;
slavePos  += 20000;
rtn = GT_FollowData(SLAVE,masterPos,slavePos);
printf("GT_FollowData()=%d\n",rtn);

// 查询Follow模式的剩余空间
rtn = GT_FollowSpace(SLAVE,&space);
printf("GT_FollowSpace()=%d space=%d\n",rtn,space);

// 向FIFO中增加运动数据
masterPos += 20000;
slavePos  += 10000;
rtn = GT_FollowData(SLAVE,masterPos,slavePos);
printf("GT_FollowData()=%d\n",rtn);

// 设置循环次数为无限循环
rtn = GT_SetFollowLoop(SLAVE,0);
printf("GT_SetFollowLoop()=%d\n",rtn);
```

```
    // 设置启动跟随条件
    rtn = GT_SetFollowEvent(SLAVE,FOLLOW_EVENT_PASS,1,50000);
    printf("GT_SetFollowEvent()=%d\n",rtn);

    // 启动从轴Follow运动
    rtn = GT_FollowStart(1<<(SLAVE-1));
    printf("GT_FollowStart()=%d\n",rtn);

    while(!kbhit())
    {
        // 查询各轴的规划速度
        rtn = GT_GetPrfVel(1,prfVel,8);
        // 查询循环次数
        rtn = GT_GetFollowLoop(SLAVE,&loop);

    printf("master=%-10.2lf\tslave=%-10.2lf\tloop=%d\r",prfVel[MASTER-1],prfVel[SLAVE-1],lo
op);
    }
    return 0;
}
```

5.5.3.2 Follow 双 FIFO 切换

该例程主轴为 Jog 模式，从轴为 Follow 模式，从轴在运动时更换跟随策略。如图所示：

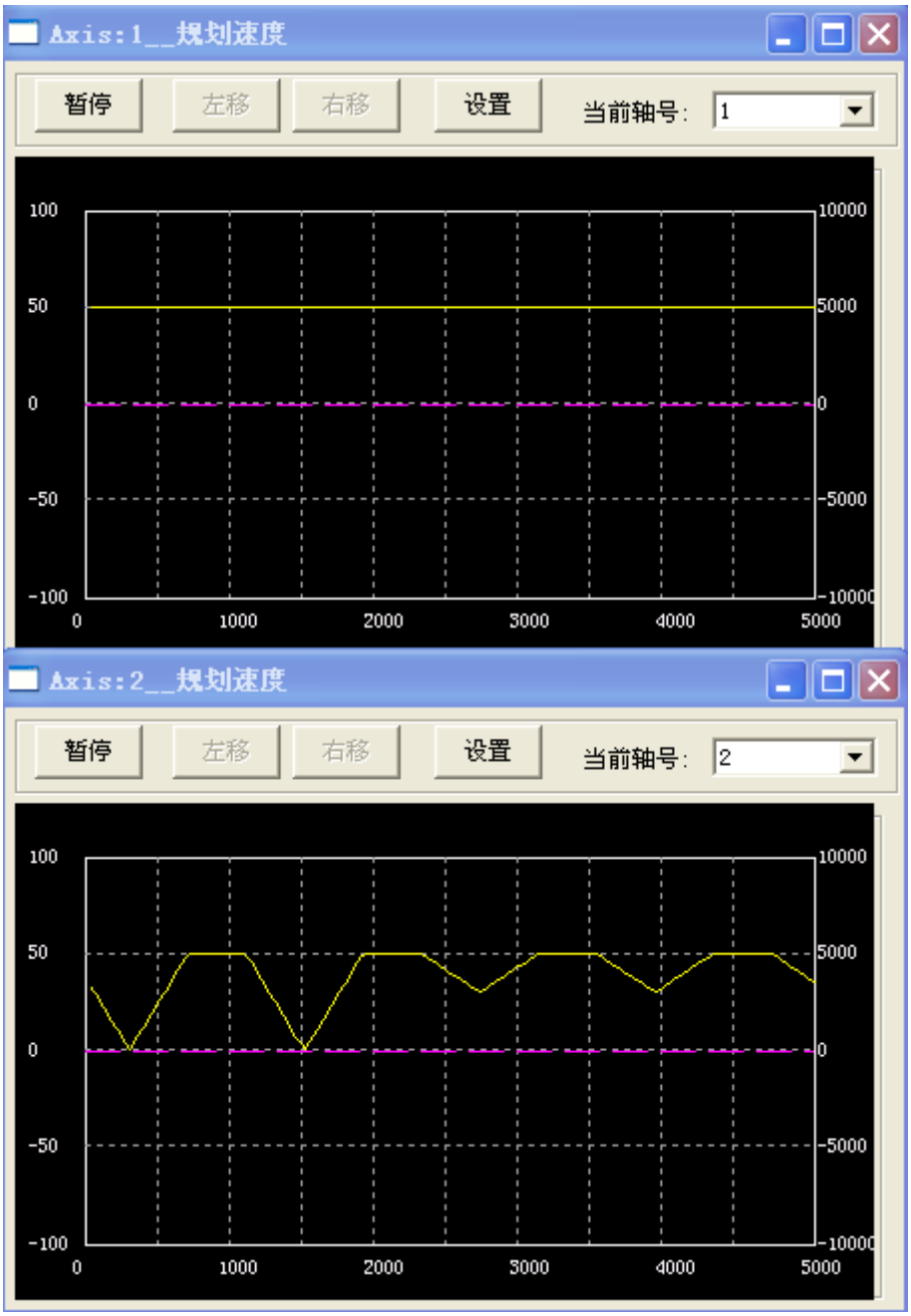


图 5-5-4Follow 切换 FIFO

```
#include "stdafx.h"
#include "conio.h"
#include "gts.h"

#define MASTER                  1
#define SLAVE                   2

#define STAGE_FIFO1             1
#define STAGE_TO_FIFO2          2
#define STAGE_TO_FIFO1          3
```

```
#define STAGE_END                4

int main(int argc, char* argv[])
{
    short rtn;
    double prfVel[8];
    TJogPrm jog;
    short space;
    long masterPos;
    double slavePos;
    short stage,pressKey;

    // 打开运动控制器
    rtn = GT_Open();
    printf("GT_Open()=%d\n",rtn);

    // 复位运动控制器
    rtn = GT_Reset();
    printf("GT_Reset()=%d\n",rtn);

    // 配置运动控制器
    // 注意：配置文件test.cfg取消了各轴的报警和限位
    rtn = GT_LoadConfig("test.cfg");
    printf("GT_LoadConfig()=%d\n",rtn);

    // 清除各轴的报警和限位
    rtn = GT_ClrSts(1,8);
    printf("GT_ClrSts()=%d\n",rtn);

    // 将主轴设为Jog模式
    rtn = GT_PrfJog(MASTER);
    printf("GT_PrfJog()=%d\n",rtn);

    // 设置主轴运动参数
    rtn = GT_GetJogPrm(MASTER,&jog);
    printf("GT_GetJogPrm()=%d\n",rtn);
    jog.acc = 1;
    rtn = GT_SetJogPrm(MASTER,&jog);
    printf("GT_SetJogPrm()=%d\n",rtn);

    rtn = GT_SetVel(MASTER,50);
    printf("GT_SetVel()=%d\n",rtn);

    // 启动主轴
```

```
rtn = GT_Update(1<<(MASTER-1));
printf("GT_Update()=%d\n",rtn);

// 将从轴设为Follow模式
rtn = GT_PrfFollow(SLAVE);
printf("GT_PrfFollow()=%d\n",rtn);

// 清空从轴FIFO1
rtn = GT_FollowClear(SLAVE,0);
printf("GT_FollowClear()=%d\n",rtn);

// 清空从轴FIFO2
rtn = GT_FollowClear(SLAVE,1);
printf("GT_FollowClear()=%d\n",rtn);

// 设置主轴，默认跟随主轴规划位置
rtn = GT_SetFollowMaster(SLAVE,MASTER);
printf("GT_SetFollowMaster()=%d\n",rtn);

// 查询Follow模式FIFO1的剩余空间
rtn = GT_FollowSpace(SLAVE,&space,0);
printf("GT_FollowSpace()=%d space=%d\n",rtn,space);

// 向FIFO1中增加运动数据
masterPos = 20000;
slavePos  = 10000;
rtn = GT_FollowData(SLAVE,masterPos,slavePos,FOLLOW_SEGMENT_NORMAL,0);
printf("GT_FollowData()=%d\n",rtn);

// 查询Follow模式FIFO1的剩余空间
rtn = GT_FollowSpace(SLAVE,&space,0);
printf("GT_FollowSpace()=%d space=%d\n",rtn,space);

// 向FIFO1中增加运动数据
masterPos += 20000;
slavePos  += 20000;
rtn = GT_FollowData(SLAVE,masterPos,slavePos,FOLLOW_SEGMENT_NORMAL,0);
printf("GT_FollowData()=%d\n",rtn);

// 查询Follow模式FIFO1的剩余空间
rtn = GT_FollowSpace(SLAVE,&space,0);
printf("GT_FollowSpace()=%d space=%d\n",rtn,space);

// 向FIFO1中增加运动数据
```

```
masterPos += 20000;
slavePos  += 10000;
rtn = GT_FollowData(SLAVE,masterPos,slavePos,FOLLOW_SEGMENT_NORMAL,0);
printf("GT_FollowData()=%d\n",rtn);

// 设置从轴循环次数为无限循环
rtn = GT_SetFollowLoop(SLAVE,0);
printf("GT_FollowLoop()=%d\n",rtn);

// 设置启动跟随条件
rtn = GT_SetFollowEvent(SLAVE,FOLLOW_EVENT_START,1);
printf("GT_SetFollowEvent()=%d\n",rtn);

// 启动从轴Follow运动
rtn = GT_FollowStart(1<<(SLAVE-1));
printf("GT_FollowStart()=%d\n",rtn);

stage = STAGE_FIFO1;
pressKey = 0;

while(1)
{
    if(kbhit())
    {
        getch();
        pressKey = 1;
    }

    if( STAGE_FIFO1 == stage )
    {
        if( 1 == pressKey )
        {
            pressKey = 0;
            stage = STAGE_TO_FIFO2;

            // 向FIFO2中发送过渡数据
            rtn = GT_FollowClear(SLAVE,1);

            masterPos = 20000;
            slavePos  = 10000;
            rtn = GT_FollowData(SLAVE,masterPos,slavePos,FOLLOW_SEGMENT_CONTINUE,1);

            masterPos+= 20000;
            slavePos += 20000;
```

```
            rtn = GT_FollowData(SLAVE,masterPos,slavePos,FOLLOW_SEGMENT_NORMAL,1);

            masterPos+= 20000;
            slavePos += 16000;
            rtn = GT_FollowData(SLAVE,masterPos,slavePos,FOLLOW_SEGMENT_NORMAL,1);


            // 切换FIFO
            // 当前工作FIFO遍历完以后才会切换FIFO
            rtn = GT_FollowSwitch(1<<(SLAVE-1));
        }
    }

    if( STAGE_TO_FIFO2 == stage )
    {
        // 查询FIFO1的剩余空间
        GT_FollowSpace(SLAVE,&space,0);

        // 如果FIFO1被清空，说明已经切换到FIFO2
        if( 16 == space )
        {
            stage = STAGE_TO_FIFO1;

            masterPos = 20000;
            slavePos  = 16000;
            rtn = GT_FollowData(SLAVE,masterPos,slavePos,FOLLOW_SEGMENT_CONTINUE,0);

            masterPos+= 20000;
            slavePos += 20000;
            rtn = GT_FollowData(SLAVE,masterPos,slavePos,FOLLOW_SEGMENT_NORMAL,0);

            masterPos+= 20000;
            slavePos += 16000;
            rtn = GT_FollowData(SLAVE,masterPos,slavePos,FOLLOW_SEGMENT_NORMAL,0);

            // 切换FIFO
            // 当前工作FIFO遍历完以后才会切换FIFO
            rtn = GT_FollowSwitch(1<<(SLAVE-1));
        }
    }

    if( STAGE_TO_FIFO1 == stage )
    {
        // 查询FIFO2的剩余空间
```

```
            GT_FollowSpace(SLAVE,&space,1);

            // 如果FIFO2被清空，说明已经切换到FIFO1
            if( 16 == space )
            {
                stage = STAGE_END;
            }
        }

        // 查询各轴的规划速度
        rtn = GT_GetPrfVel(1,prfVel,8);

        printf("master=%-10.2lf\tslave=%-10.2lf\r",prfVel[MASTER-1],prfVel[SLAVE-1]);

        if( STAGE_END == stage )
        {
            if( 1 == pressKey )
            {
                pressKey = 0;
                break;
            }
        }
    }

    return 0;
}
```

5.6 插补运动模式

插补运动模式可以实现多轴的协调运动，从而完成一定的运动轨迹。该插补运动模式具有以下一些功能，可以实现直线插补和圆弧插补；可以同时有两个坐标系进行插补运动；每个坐标系含有两个缓存区，可以实现缓存区暂停、恢复等功能；具有缓存区延时和缓存区数字量输出的功能；具有前瞻预处理功能，能够实现小线段高速平滑的连续轨迹运动。

5.6.1 指令列表

设置插补运动指令列表

指令	说明
GT_SetCrdPrm	设置坐标系参数，确立坐标系映射，建立坐标系
GT_GetCrdPrm	查询坐标系参数
GT_CrdData	向插补缓存区增加插补数据
GT_LnXY	缓存区指令，两维直线插补
GT_LnXYZ	缓存区指令，三维直线插补
GT_LnXYZA	缓存区指令，四维直线插补
GT_LnXYG0	缓存区指令，两维直线插补(终点速度始终为 0)
GT_LnXYZG0	缓存区指令，三维直线插补(终点速度始终为 0)
GT_LnXYZAG0	缓存区指令，四维直线插补(终点速度始终为 0)
GT_ArcXYR	缓存区指令，XY 平面圆弧插补(以终点位置和半径为输入参数)
GT_ArcXYC	缓存区指令，XY 平面圆弧插补(以终点位置和圆心位置为输入参数)
GT_ArcYZR	缓存区指令，YZ 平面圆弧插补(以终点位置和半径为输入参数)
GT_ArcYZC	缓存区指令，YZ 平面圆弧插补(以终点位置和圆心位置为输入参数)
GT_ArcZXR	缓存区指令，ZX 平面圆弧插补(以终点位置和半径为输入参数)
GT_ArcZXC	缓存区指令，ZX 平面圆弧插补(以终点位置和圆心位置为输入参数)
GT_BufIO	缓存区指令，缓存区内数字量 IO 输出设置指令
GT_BufDelay	缓存区指令，缓存区内延时设置指令
GT_BufDA	缓存区指令，缓存区内输出 DA 值
GT_BufLmtsOn	缓存区指令，缓存区内有效限位开关
GT_BufLmtsOff	缓存区指令，缓存区内无效限位开关
GT_BufSetStopIo	缓存区指令，缓存区内设置 axis 的停止 IO 信息
GT_BufMove	缓存区指令，实现刀向跟随功能，启动某个轴点位运动
GT_BufGear	缓存区指令，实现刀向跟随功能，启动某个轴跟随运动
GT_CrdSpace	查询插补缓存区剩余空间
GT_CrdClear	清除插补缓存区内的插补数据
GT_CrdStart	启动插补运动
GT_CrdStatus	查询插补运动坐标系状态
GT_SetUserSegNum	缓存区指令，设置自定义插补段段号

GT_GetUserSegNum	读取自定义插补段段号
GT_GetRemainderSegNum	读取未完成的插补段段数
GT_SetOverride	设置插补运动目标合成速度倍率
GT_SetCrdStopDec	设置插补运动平滑停止、急停合成加速度
GT_GetCrdStopDec	查询插补运动平滑停止、急停合成加速度
GT_GetCrdPos	查询该坐标系的当前坐标位置值
GT_GetCrdVel	查询该坐标系的合成速度值
GT_InitLookAhead	初始化插补前瞻缓存区

插补运动指令参数说明

GT_SetCrdPrm(short crd,TCrdPrm *pCrdPrm)	
crd	坐标系号，取值范围：[1,2]
pCrdPrm	设置坐标系的相关参数 typedef struct CrdPrm { short dimension; short profile[8]; double synVelMax; double synAccMax; short evenTime; short setOriginFlag; long originPos[8]; }TCrdPrm; dimension：坐标系的维数，取值范围：[1,4]。 Profile[8]：坐标系与规划器的映射关系，每个元素的取值范围：[0,4]。 synVelMax：该坐标系的最大合成速度。取值范围：(0,32767)，单位：pulse/ms。 synAccMax：该坐标系的最大合成加速度。取值范围：(0,32767)，单位：pulse/(ms*ms)。 evenTime：每个插补段的最小匀速段时间。取值范围：[0,32767)，单位：ms。 setOriginFlag：表示是否需要指定坐标系的原点坐标的规划位置，0：不需要指定原点坐标值，则坐标系的原点在当前规划位置上；1：需要指定原点坐标值，坐标系的原点在 originPos 指定的规划位置上。 originPos[8]：指定的坐标系原点的规划位置值
GT_GetCrdPrm(short crd,TCrdPrm *pCrdPrm)	
crd	坐标系号，取值范围：[1,2]
pCrdPrm	读取坐标系的相关参数 结构体的成员含义参照 GT_SetCrdPrm
GT_CrdData(short crd,TCrdData *pCrdData,short fifo=0)	
crd	坐标系号，取值范围：[1,2]
pCrdData	插补数据
fifo	插补缓存区号，取值范围：[0,1]，默认为：0
GT_LnXY(short crd,long x,long y,double synVel,double synAcc,double velEnd=0,short fifo=0)	

crd	坐标系号，取值范围：[1,2]
x	插补段 x 轴终点坐标值。取值范围：[-1073741823, 1073741823]，单位：pulse。
y	插补段 y 轴终点坐标值。取值范围：[-1073741823, 1073741823]，单位：pulse。
synVel	插补段的目标合成速度。取值范围：(0,32767)，单位：pulse/ms。
synAcc	插补段的合成加速度。取值范围：(0,32767)，单位：pulse/(ms*ms)。
velEnd	插补段的终点速度。取值范围：[0,32767)，单位：pulse/ms。该值只有在没有使用前瞻预处理功能时才有意义，否则该值无效。默认为：0
fifo	插补缓存区号，取值范围：[0,1]，默认为：0
GT_LnXYZ(short crd,long x,long y,long z,double synVel,double synAcc,double velEnd=0,short fifo=0)	
crd	坐标系号，取值范围：[1,2]
x	插补段 x 轴终点坐标值。取值范围：[-1073741823, 1073741823]，单位：pulse。
y	插补段 y 轴终点坐标值。取值范围：[-1073741823, 1073741823]，单位：pulse。
z	插补段 z 轴终点坐标值。取值范围：[-1073741823, 1073741823]，单位：pulse。
synVel	插补段的目标合成速度。取值范围：(0,32767)，单位：pulse/ms。
synAcc	插补段的合成加速度。取值范围：(0,32767)，单位：pulse/(ms*ms)。
velEnd	插补段的终点速度。取值范围：[0,32767)，单位：pulse/ms。该值只有在没有使用前瞻预处理功能时才有意义，否则该值无效。默认为：0
fifo	插补缓存区号，取值范围：[0,1]，默认为：0
GT_LnXYZA(short crd,long x,long y,long z,long a,double synVel,double synAcc,double velEnd=0,short fifo=0)	
crd	坐标系号，取值范围：[1,2]
x	插补段 x 轴终点坐标值。取值范围：[-1073741823, 1073741823]，单位：pulse。
y	插补段 y 轴终点坐标值。取值范围：[-1073741823, 1073741823]，单位：pulse。
z	插补段 z 轴终点坐标值。取值范围：[-1073741823, 1073741823]，单位：pulse。
a	插补段 a 轴终点坐标值。取值范围：[-1073741823, 1073741823]，单位：pulse。
synVel	插补段的目标合成速度。取值范围：(0,32767)，单位：pulse/ms。
synAcc	插补段的合成加速度。取值范围：(0,32767)，单位：pulse/(ms*ms)。
velEnd	插补段的终点速度。取值范围：[0,32767)，单位：pulse/ms。该值只有在没有使用前瞻预处理功能时才有意义，否则该值无效。默认为：0
fifo	插补缓存区号，取值范围：[0,1]，默认为：0

GT_LnXYG0(short crd,long x,long y,double synVel,double synAcc,short fifo=0)	
crd	坐标系号，取值范围：[1,2]
x	插补段 x 轴终点坐标值。取值范围：[-1073741823, 1073741823]，单位：pulse。
y	插补段 y 轴终点坐标值。取值范围：[-1073741823, 1073741823]，单位：pulse。
synVel	插补段的目标合成速度。取值范围：(0,32767)，单位：pulse/ms。
synAcc	插补段的合成加速度。取值范围：(0,32767)，单位：pulse/(ms*ms)。
fifo	插补缓存区号，取值范围：[0,1]，默认为：0
GT_LnXYZG0(short crd,long x,long y,long z,double synVel,double synAcc,short fifo=0)	
crd	坐标系号，取值范围：[1,2]
x	插补段 x 轴终点坐标值。取值范围：[-1073741823, 1073741823]，单位：pulse。
y	插补段 y 轴终点坐标值。取值范围：[-1073741823, 1073741823]，单位：pulse。
z	插补段 z 轴终点坐标值。取值范围：[-1073741823, 1073741823]，单位：pulse。
synVel	插补段的目标合成速度。取值范围：(0,32767)，单位：pulse/ms。
synAcc	插补段的合成加速度。取值范围：(0,32767)，单位：pulse/(ms*ms)。
fifo	插补缓存区号，取值范围：[0,1]，默认为：0
GT_LnXYZAG0(short crd,long x,long y,long z,long a,double synVel,double synAcc,short fifo=0)	
crd	坐标系号，取值范围：[1,2]
x	插补段 x 轴终点坐标值。取值范围：[-1073741823, 1073741823]，单位：pulse。
y	插补段 y 轴终点坐标值。取值范围：[-1073741823, 1073741823]，单位：pulse。
z	插补段 z 轴终点坐标值。取值范围：[-1073741823, 1073741823]，单位：pulse。
a	插补段 a 轴终点坐标值。取值范围：[-1073741823, 1073741823]，单位：pulse。
synVel	插补段的目标合成速度。取值范围：(0,32767)，单位：pulse/ms。
synAcc	插补段的合成加速度。取值范围：(0,32767)，单位：pulse/(ms*ms)。
fifo	插补缓存区号，取值范围：[0,1]，默认为：0
GT_ArcXYR(short crd,long x,long y,double radius,short circleDir,double synVel,double synAcc,double velEnd=0,short fifo=0)	
crd	坐标系号，取值范围：[1,2]
x	圆弧插补 x 轴的终点坐标值。取值范围：[-1073741823, 1073741823]，单位：pulse。
y	圆弧插补 y 轴的终点坐标值。取值范围：[-1073741823, 1073741823]，单位：pulse。
radius	圆弧插补的圆弧半径值。取值范围：[-1073741823, 1073741823]，单位：pulse。 半径为正时，表示圆弧为小于等于 180° 圆弧

	半径为负时，表示圆弧为大于 180° 圆弧 半径描述方式不能用来描述整圆
circleDir	圆弧的旋转方向 0：顺时针圆弧 1：逆时针圆弧
synVel	插补段的目标合成速度。取值范围：(0,32767)，单位：pulse/ms。
synAcc	插补段的合成加速度。取值范围：(0,32767)，单位：pulse/(ms*ms)。
velEnd	插补段的终点速度。取值范围：[0,32767)，单位：pulse/ms。该值只有在没有使用前瞻预处理功能时才有意义，否则该值无效。默认为：0
fifo	插补缓存区号，取值范围：[0,1]，默认为：0
GT_ArcXYC(short crd,long x,long y,double xCenter,double yCenter,short circleDir,double synVel,double synAcc,double velEnd=0,short fifo=0)	
crd	坐标系号，取值范围：[1,2]
x	圆弧插补 x 轴的终点坐标值。取值范围：[-1073741823, 1073741823]，单位：pulse。
y	圆弧插补 y 轴的终点坐标值。取值范围：[-1073741823, 1073741823]，单位：pulse。
xCenter	圆弧插补的圆心 x 方向相对于起点位置的偏移量
yCenter	圆弧插补的圆心 y 方向相对于起点位置的偏移量
circleDir	圆弧的旋转方向 0：顺时针圆弧 1：逆时针圆弧
synVel	插补段的目标合成速度。取值范围：(0,32767)，单位：pulse/ms。
synAcc	插补段的合成加速度。取值范围：(0,32767)，单位：pulse/(ms*ms)。
velEnd	插补段的终点速度。取值范围：[0,32767)，单位：pulse/ms。该值只有在没有使用前瞻预处理功能时才有意义，否则该值无效。默认为：0
fifo	插补缓存区号，取值范围：[0,1]，默认为：0
GT_ArcYZR(short crd,long y,long z,double radius,short circleDir,double synVel,double synAcc,double velEnd=0,short fifo=0)	
crd	坐标系号，取值范围：[1,2]
y	圆弧插补 y 轴的终点坐标值。取值范围：[-1073741823, 1073741823]，单位：pulse。
z	圆弧插补 z 轴的终点坐标值。取值范围：[-1073741823, 1073741823]，单位：pulse。
radius	圆弧插补的圆弧半径值。取值范围：[-1073741823, 1073741823]，单位：pulse。 半径为正时，表示圆弧为小于等于 180° 圆弧 半径为负时，表示圆弧为大于 180° 圆弧 半径描述方式不能用来描述整圆
circleDir	圆弧的旋转方向 0：顺时针圆弧

	1：逆时针圆弧
synVel	插补段的目标合成速度。取值范围：(0,32767)，单位：pulse/ms。
synAcc	插补段的合成加速度。取值范围：(0,32767)，单位：pulse/(ms*ms)。
velEnd	插补段的终点速度。取值范围：[0,32767)，单位：pulse/ms。该值只有在没有使用前瞻预处理功能时才有意义，否则该值无效。默认为：0
fifo	插补缓存区号，取值范围：[0,1]，默认为：0
GT_ArcYZC(short crd,long y,long z,double yCenter,double zCenter,short circleDir,double synVel,double synAcc,double velEnd=0,short fifo=0)	
crd	坐标系号，取值范围：[1,2]
y	圆弧插补 y 轴的终点坐标值。取值范围：[-1073741823, 1073741823]，单位：pulse。
z	圆弧插补 z 轴的终点坐标值。取值范围：[-1073741823, 1073741823]，单位：pulse。
yCenter	圆弧插补的圆心 y 方向相对于起点位置的偏移量
zCenter	圆弧插补的圆心 z 方向相对于起点位置的偏移量
circleDir	圆弧的旋转方向 0：顺时针圆弧 1：逆时针圆弧
synVel	插补段的目标合成速度。取值范围：(0,32767)，单位：pulse/ms。
synAcc	插补段的合成加速度。取值范围：(0,32767)，单位：pulse/(ms*ms)。
velEnd	插补段的终点速度。取值范围：[0,32767)，单位：pulse/ms。该值只有在没有使用前瞻预处理功能时才有意义，否则该值无效。默认为：0
fifo	插补缓存区号，取值范围：[0,1]，默认为：0
GT_ArcZXR(short crd,long z,long x,double radius,short circleDir,double synVel,double synAcc,double velEnd=0,short fifo=0)	
crd	坐标系号，取值范围：[1,2]
z	圆弧插补 z 轴的终点坐标值。取值范围：[-1073741823, 1073741823]，单位：pulse。
x	圆弧插补 x 轴的终点坐标值。取值范围：[-1073741823, 1073741823]，单位：pulse。
radius	圆弧插补的圆弧半径值。取值范围：[-1073741823, 1073741823]，单位：pulse。 半径为正时，表示圆弧为小于等于 180° 圆弧 半径为负时，表示圆弧为大于 180° 圆弧 半径描述方式不能用来描述整圆
circleDir	圆弧的旋转方向 0：顺时针圆弧 1：逆时针圆弧
synVel	插补段的目标合成速度。取值范围：(0,32767)，单位：pulse/ms。
synAcc	插补段的合成加速度。取值范围：(0,32767)，单位：pulse/(ms*ms)。
velEnd	插补段的终点速度。取值范围：[0,32767)，单位：pulse/ms。该值只

	有在没有使用前瞻预处理功能时才有意义，否则该值无效。默认为：0
fifo	插补缓存区号，取值范围：[0,1]，默认为：0
GT_ArcZXC(short crd,long z,long x,double zCenter,double xCenter,short circleDir,double synVel,double synAcc,double velEnd=0,short fifo=0)	
crd	坐标系号，取值范围：[1,2]
z	圆弧插补 z 轴的终点坐标值。取值范围：[-1073741823, 1073741823]，单位：pulse。
x	圆弧插补 x 轴的终点坐标值。取值范围：[-1073741823, 1073741823]，单位：pulse。
zCenter	圆弧插补的圆心 z 方向相对于起点位置的偏移量
xCenter	圆弧插补的圆心 x 方向相对于起点位置的偏移量
circleDir	圆弧的旋转方向 0：顺时针圆弧 1：逆时针圆弧
synVel	插补段的目标合成速度。取值范围：(0,32767)，单位：pulse/ms。
synAcc	插补段的合成加速度。取值范围：(0,32767)，单位：pulse/(ms*ms)。
velEnd	插补段的终点速度。取值范围：[0,32767)，单位：pulse/ms。该值只有在没有使用前瞻预处理功能时才有意义，否则该值无效。默认为：0
fifo	插补缓存区号，取值范围：[0,1]，默认为：0
GT_BufIO(short crd,unsigned short doType,unsigned short doMask,unsigned short doValue,short fifo=0)	
crd	坐标系号，取值范围：[1,2]
doType	数字量输出的类型： MC_ENABLE(该宏定义为 10)：输出驱动器使能。 MC_CLEAR(该宏定义为 11)：输出驱动器报警清除。 MC_GPO(该宏定义为 12)：输出通用输出。
doMask	从 bit0~bit15 按位表示指定的数字量输出是否有操作，0：该路数字量输出无操作；1：该路数字量输出有操作。
doValue	从 bit0~bit15 按位表示指定的数字量输出的值
fifo	插补缓存区号，取值范围：[0,1]，默认为：0
GT_BufDelay(short crd,unsigned short delayTime,short fifo=0)	
crd	坐标系号，取值范围：[1,2]
delayTime	延时时间，取值范围：[0,16383]，单位：ms。
fifo	插补缓存区号，取值范围：[0,1]，默认为：0
GT_BufDA(short crd,short chn,short daValue,short fifo=0)	
crd	坐标系号，取值范围：[1,2]
chn	模拟量输出的通道号，取值范围：[1,8]
daValue	模拟量输出的值，取值范围：[-32768,32767]，其中：-32768 对应-10V，32767 对应+10V
fifo	插补缓存区号，取值范围：[0,1]，默认为：0
GT_BufLmtsOn(short crd,short axis,short limitType,short fifo=0)	

crd	坐标系号，取值范围：[1,2]
axis	需要将限位有效的轴的编号，取值范围：[1,8]
limitType	需要有效的限位类型 MC_LIMIT_POSITIVE(该宏定义为 0)：需要将该轴的正限位有效 MC_LIMIT_NEGATIVE(该宏定义为 1)：需要将该轴的负限位有效 -1：需要将该轴的正限位和负限位都有效，默认为该值
fifo	插补缓存区号，取值范围：[0,1]，默认为：0
GT_BufLmtsOff(short crd,short axis,short limitType,short fifo=0)	
crd	坐标系号，取值范围：[1,2]
axis	需要将限位无效的轴的编号，取值范围：[1,8]
limitType	需要无效的限位类型 MC_LIMIT_POSITIVE(该宏定义为 0)：需要将该轴的正限位无效 MC_LIMIT_NEGATIVE(该宏定义为 1)：需要将该轴的负限位无效 -1：需要将该轴的正限位和负限位都无效，默认为该值
fifo	插补缓存区号，取值范围：[0,1]，默认为：0
GT_BufSetStopIo(short crd,short axis,short stopType,short inputType,short inputIndex,short fifo=0)	
crd	坐标系号，取值范围：[1,2]
axis	需要设置停止 IO 信息的轴的编号，取值范围：[1,8]
stopType	需要设置停止 IO 信息的停止类型 0：紧急停止类型 1：平滑停止类型
inputType	设置的数字量输入的类型 MC_LIMIT_POSITIVE(该宏定义为 0) 正限位 MC_LIMIT_NEGATIVE(该宏定义为 1) 负限位 MC_ALARM(该宏定义为 2) 驱动报警 MC_HOME(该宏定义为 3) 原点开关 MC_GPI(该宏定义为 4) 通用输入 MC_ARRIVE(该宏定义为 5) 电机到位信号(仅适用于 GTS-400-PX 控制器)
inputIndex	设置的数字量输入的索引号，取值范围根据 inputType 的取值而定 当 inputType= MC_LIMIT_POSITIVE 时，取值范围：[1,8] 当 inputType= MC_LIMIT_NEGATIVE 时，取值范围：[1,8] 当 inputType= MC_ALARM 时，取值范围：[1,8] 当 inputType= MC_HOME 时，取值范围：[1,8] 当 inputType= MC_GPI 时，取值范围：[1,16] 当 inputType= MC_ARRIVE 时，取值范围：[1,8]
fifo	插补缓存区号，取值范围：[0,1]，默认为：0
GT_BufMove(short crd,short moveAxis,long pos,double vel,double acc,short modal,short fifo=0)	
crd	坐标系号，取值范围：[1,2]
moveAxis	需要进行点位运动的轴号，取值范围：[1,8]，该轴不能处于坐标系中
pos	点位运动的目标位置，单位：pulse
vel	点位运动的目标速度，单位：pulse/ms
acc	点位运动的加速度，单位：pulse/(ms*ms)

modal	点位运动的模式： 0：该指令为非模态指令，即不阻塞后续的插补缓存区指令的执行 1：该指令为模态指令，将会阻塞后续的插补缓存区指令的执行
fifo	插补缓存区号，取值范围：[0,1]，默认为：0
GT_BufGear(short crd,short gearAxis,long pos,short fifo=0)	
crd	坐标系号，取值范围：[1,2]
gearAxis	需要进行跟随运动的轴号，取值范围：[1,8]，该轴不能处于坐标系中
pos	跟随运动的位移量，单位：pulse
fifo	插补缓存区号，取值范围：[0,1]，默认为：0
GT_CrdSpace(short crd,long *pSpace,short fifo=0)	
crd	坐标系号，取值范围：[1,2]
pSpace	读取插补缓存区中的剩余空间。
fifo	插补缓存区号，取值范围：[0,1]，默认为：0
GT_CrdClear(short crd,short fifo)	
crd	坐标系号，取值范围：[1,2]
fifo	所要清除的插补缓存区号，取值范围：[0,1]
GT_CrdStart(short mask,short option)	
mask	从 bit0~bit1 按位表示需要启动的坐标系，其中，bit0 对应坐标系 1，bit1 对应坐标系 2；0：不启动该坐标系，1：启动该坐标系。
option	从 bit0~bit1 按位表示坐标系需要启动的缓存区的编号，其中，bit0 对应坐标系 1，bit1 对应坐标系 2；0：启动坐标系中 FIFO0 的运动，1：启动坐标系中 FIFO1 的运动。
GT_CrdStatus(short crd,short *pRun,long *pSegment,short fifo=0)	
crd	坐标系号，取值范围：[1,2]
pRun	读取插补运动状态，0：该坐标系的该 FIFO 没有在运动；1：该坐标系的该 FIFO 正在进行插补运动。
pSegment	读取当前已经完成的插补段数，当重新建立坐标系或者调用 GT_CrdClear 指令后，该值会被清零。
fifo	所要查询运动状态的 fifo 号，取值范围：[0,1]，默认为：0
GT_SetUserSegNum(short crd,long segNum,short fifo=0)	
crd	坐标系号，取值范围：[1,2]
segNum	设置用户自定义的插补段段号
fifo	插补缓存区号，取值范围：[0,1]，默认为：0
GT_GetUserSegNum(short crd,long *pSegment,short fifo=0)	
crd	坐标系号，取值范围：[1,2]
pSegment	读取的用户自定义的插补段段号
fifo	插补缓存区号，取值范围：[0,1]，默认为：0
GT_GetRemainderSegNum(short crd,long *pSegment,short fifo=0)	
crd	坐标系号，取值范围：[1,2]
pSegment	读取的剩余插补段的段数
fifo	插补缓存区号，取值范围：[0,1]，默认为：0
GT_SetOverride(short crd,double synVelRatio)	
crd	坐标系号，取值范围：[1,2]

synVelRatio	设置的插补目标速度倍率，取值范围：(0,1]，系统默认该值为：1。
GT_SetCrdStopDec(short crd,double decSmoothStop,double decAbruptStop)	
crd	坐标系号，取值范围：[1,2]
decSmoothStop	设置的坐标系合成平滑停止加速度，取值范围：(0,32767)，单位：pulse/(ms*ms)。
decAbruptStop	设置的坐标系合成急停加速度，取值范围：(0,32767)，单位：pulse/(ms*ms)。
GT_GetCrdStopDec(short crd,double *pDecSmoothStop,double *pDecAbruptStop)	
crd	坐标系号，取值范围：[1,2]
pDecSmoothStop	查询坐标系合成平滑停止加速度，单位：pulse/(ms*ms)。
pDecAbruptStop	查询坐标系合成急停加速度，单位：pulse/(ms*ms)。
GT_GetCrdPos(short crd,double *pPos)	
crd	坐标系号，取值范围：[1,2]
pPos	读取的坐标系的坐标值，单位：pulse。该参数应该为一个数组首元素的指针，数组的元素个数取决于该坐标系的维数。
GT_GetCrdVel(short crd,double *pSynVel)	
crd	坐标系号，取值范围：[1,2]
pSynVel	读取的坐标系的合成速度值，单位：pulse/ms。
GT_InitLookAhead(short crd,short fifo,double T,double accMax,short n,TCrdData *pLookAheadBuf)	
crd	坐标系号，取值范围：[1,2]
fifo	插补缓存区编号，取值范围：[0,1]
T	拐弯时间，单位：ms
accMax	最大加速度，单位：pulse/(ms*ms)
n	前瞻缓存区大小，取值范围：[0,32767)
pLookAheadBuf	前瞻缓存区内存区指针

5.6.2 重点说明

5.6.2.1 建立坐标系

运动控制器初始状态下，所有的规划轴都处于单轴运动模式下，两个坐标系也是无效的。所以，当需要进行插补运动时，首先需要建立坐标系，将规划轴映射到相应的坐标系中。每个坐标系最多支持四维(X-Y-Z-A)，用户根据自己的需求，也可以利用二维(X-Y)、三维(X-Y-Z)坐标系描述运动轨迹。

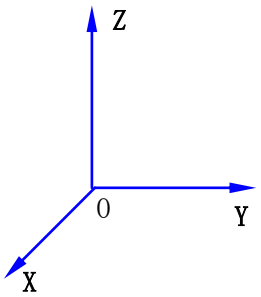


图 5-6-1 右手坐标系

用户通过调用 GT_SetCrdPrm()指令将在坐标系内描述的运动通过映射关系映射到相应的规划轴上。运动控制器根据坐标映射关系，控制各轴运动，实现要求的运动轨迹。调用 GT_SetCrdPrm()指令时，所映射的各规划轴必须处于静止状态。

建立坐标系的例程如下：

```
…… …… ……
short rtn;
TCrdPrm crdPrm;                          // 定义坐标系结构体变量
memset(&crdPrm,0,sizeof(crdPrm));        // 将变量初始化为全 0
crdPrm.dimension=2;                      // 坐标系为二维坐标系
crdPrm.synVelMax=500;                    // 最大合成速度：500pulse/ms
crdPrm.synAccMax=1;                      // 最大加速度：1pulse/ms^2
crdPrm.evenTime = 50;                    // 平滑时间：50ms
crdPrm.profile[0] = 1;                   // 规划器 1 对应到 X 轴
crdPrm.profile[1] = 2;                   // 规划器 2 对应到 Y 轴
crdPrm.setOriginFlag = 1;                // 需要明确指定坐标系原点的规划位置
crdPrm.originPos[0] = 100;
crdPrm.originPos[1] = 100;
rtn = GT_SetCrdPrm(1,&crdPrm);           // 建立 1 号坐标系，设置坐标系参数
…… …… ……
```

例程说明：

dimension：表示所建立的坐标系的维数，取值范围为[1,4]，该例程中所建立的坐标系是二维，即 X-Y 坐标系。

synVelMax：表示该坐标系所能承受的最大合成速度，如果用户在输入插补段的时候所设置的目标速度大于了该速度，则将会被限制为该速度。

synAccMax：表示该坐标系所能承受的最大合成加速度，如果用户在输入插补段的时候所设置的加速度大于了该加速度，则将会被限制为该加速度。

evenTime：每个插补段的最小匀速时间。当用户设置的插补段比较短时，而该插补段的目标速度又设置的比较大，则会造成合成速度的曲线如图 5-6-2 所示，只有加速段和减速段，形成一个速度尖角，加速度在尖角处瞬间由正值变为了负值，造成较大的冲击；设置了 evenTime 之后，可以减小目标速度，使速度曲线如图 5-6-3 所示，减小了加速度突变的冲击。

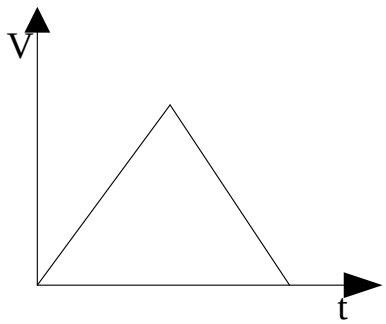


图 5-6-2 evenTime=0

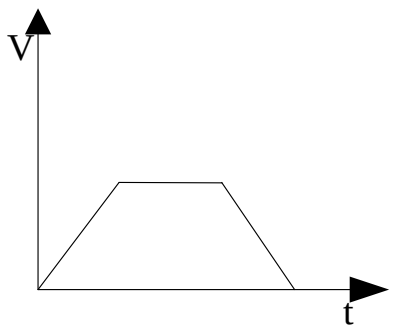


图 5-6-3 evenTime>0

profile[x]：规划轴与坐标轴之间的对应关系。Profile[0..7]对应规划轴 1~8，如果规划轴

没有对应到该坐标系，则 profile[x]的值为 0；如果对应到了 X 轴，则 profile[x]为 1，Y 轴对应为 2，Z 轴对应为 3，A 轴对应为 4。不允许多个规划轴映射到相同坐标系的相同坐标轴，也不允许把相同规划轴对应到不同的坐标系，否则该指令将会返回错误值。

setOriginFlag：表示是否需要指定坐标系原点的规划位置值，该参数可以方便用户建立区别于机床坐标系的加工坐标系。如果该参数为 0，则加工坐标系的原点在当前的规划位置上，如果该参数为 1，则加工坐标系的原点在用户指定的规划位置上，通过 originPos 来指定。

originPos[x]：加工坐标系原点的规划位置值，即相对于机床坐标系的偏移量。建立的加工坐标系如图 5-6-4 所示。

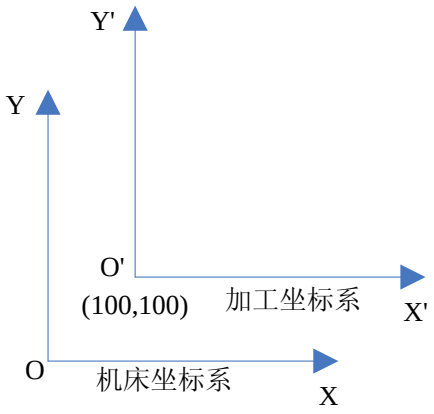


图 5-6-4 加工坐标系偏移量示意图

5.6.2.2 坐标系运动

坐标系运动采用缓存区运动方式，即用户需要向插补缓存区中传递插补数据，然后，启动插补运动，运动控制器则会依次执行用户所传递的插补数据，直到所有的插补数据全部运动完成。

每个坐标系包含两个缓存区(FIFO)：FIFO0 和 FIFO1，其中 FIFO0 为主要运动 FIFO，FIFO1 为辅助运动 FIFO，每个 FIFO 都含有 4096 段插补数据的空间。FIFO 支持动态管理的方式，即插补数据运动完成之后，其所占用的缓存区空间将会被释放，用户可以继续传递新的插补数据，通过这种方式，就可以支持大于 4096 段的用户插补数据。

坐标系运动的直线插补例程如下：

```
…… …… ……
short rtn;
short run;                                  // 定义坐标系运动状态查询变量
long segment;                               // 定义坐标系运动完成段查询变量
rtn = GT_CrdClear(1,0);                     // 清除坐标系 1 的 FIFO0 中的数据
// 第一段插补数据
rtn = GT_LnXY(1,200000,0,100,0.1,0,0);      // 向坐标系 1 的 FIFO0 传递直线插补数据
                                            // 该插补段的终点坐标(200000,0)
                                            // 该插补段的目标速度：100pulse/ms
                                            // 插补段的加速度：0.1pulse/ms^2
                                            // 终点速度为 0
```

```
// 第二段插补数据
rtn = GT_LnXY(1,100000,173205,100,0.1,0,0);
// 缓存区数字量输出
rtn = GT_BufIO(1,MC_GPO,0xffff,0x55,0);   // 数字量输出类型：通用输出
                                          // bit0~bit15 全部都输出
                                          // 输出的数值为 0x55
// 第三段插补数据
rtn = GT_LnXY(1,-100000,173205,100,0.1,0,0);
// 缓存区数字量输出
rtn = GT_BufIO(1,MC_GPO,0xffff,0xaa,0);
// 第四段插补数据
rtn = GT_LnXY(1,-200000,0,100,0.1,0,0);
// 缓存区延时指令
rtn = GT_BufDelay(1,400,0);                   // 该处延时 400ms
// 第五段插补数据
rtn = GT_LnXY(1,-100000,-173205,100,0.1,0,0);
// 缓存区数字量输出
rtn = GT_BufIO(1,MC_GPO,0xffff,0x55,0);
// 缓存区延时指令
rtn = GT_BufDelay(1,100,0);
// 第六段插补数据
rtn = GT_LnXY(1,100000,-173205,100,0.1,0,0);
// 第七段插补数据
rtn = GT_LnXY(1,200000,0,100,0.1,0,0);
rtn = GT_CrdSpace(1,&space,0);                // 查询坐标系 1 的 FIFO0 所剩余的空间
rtn = GT_CrdStart(1,0);                       // 启动坐标系 1 的 FIFO0 的插补运动
// 等待运动完成
rtn = GT_CrdStatus(1,&run,&segment,0);        // 查询坐标系 1 的 FIFO 的插补运动状态
do
{
    rtn = GT_CrdStatus(1,&run,&segment,0);
}while(run == 1);                             // 坐标系在运动,查询到的 run 的值为 1
…… …… ……
```

例程说明：

通过 GT_LnXY()指令向插补缓存区传递数据，在该指令中包含了终点坐标、加速度、目标速度，还可以调用 GT_BufIO()指令在缓存区中进行数字量输出，调用 GT_BufDelay()指令在缓存区中进行延时操作。该例程共向插补缓存区传递了 7 段运动数据，例程的运行结果如图 5-6-5 所示，是一个六边形。其中，在运动过程中进行了缓存区延时和数字量输出的操作。

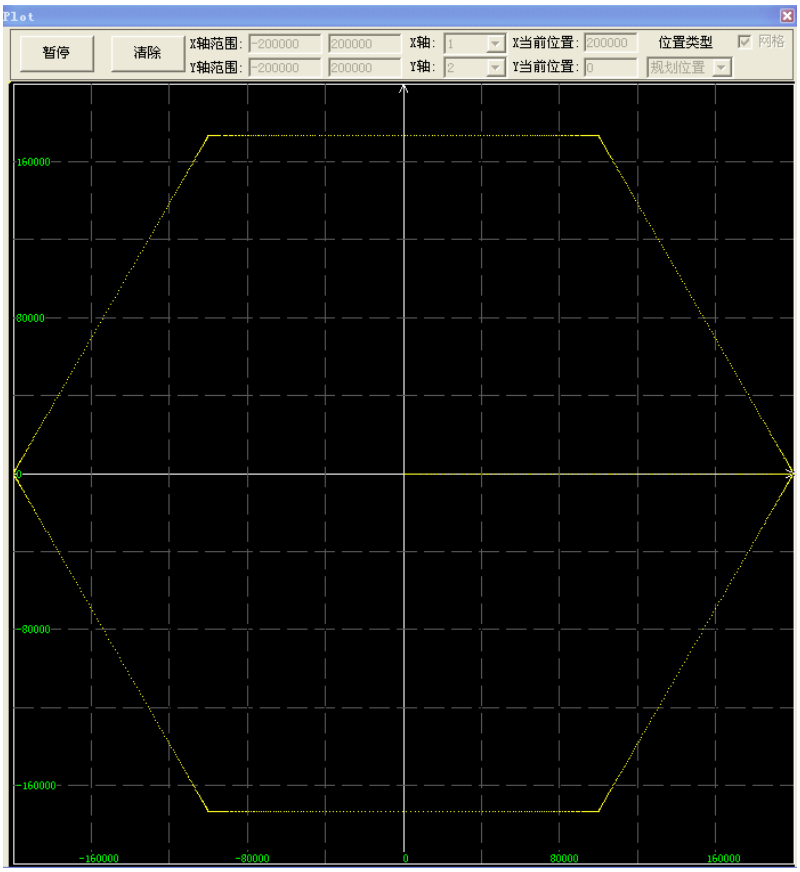


图 5-6-5 直线插补例程运动结果

GT_CrdStatus()指令可以用来查询坐标系指定 FIFO 的运动状态(运动或静止)，以及当前已经完成的插补运动的段数，该段数从建立坐标系之后的第一个 GT_CrdStart()的调用之后开始累加，直到销毁坐标系或者调用 GT_CrdClear()指令时才被清零。

坐标系运动的圆弧插补例程如下：

…… …… ……

```
short rtn;
short run;                                  // 定义坐标系运动状态查询变量
long segment;                               // 定义坐标系运动完成段查询变量
rtn = GT_CrdClear(1,0);                     // 清除坐标系 1 的 FIFO0 中的数据

// 直线插补数据
rtn = GT_LnXY(1,200000,0,100,0.1,0,0);

// 圆弧插补数据
rtn = GT_ArcXYC(1,200000,0,-100000,0,0,100,0.1, 0,0);
                                            // 使用圆心描述方法描述一个整圆
                                            // 圆心坐标(100000,0)
                                            // 终点坐标与起点坐标重合(200000,0)
                                            // 顺时针圆弧
                                            // 该插补段的目标速度：100pulse/ms
                                            // 插补段的加速度：0.1pulse/ms^2
                                            // 终点速度为 0
```

```
// 圆弧插补数据
rtn = GT_ArcXYR(1,0,200000,200000,1,100,0.1,0,0);
                                        // 使用半径描述方法描述一个 1/4 圆弧
                                        // 终点坐标为：(0,200000)
                                        // 半径：200000
                                        // 逆时针圆弧
rtn = GT_LnXY(1,0,0,100,0.1,0,0);          // 回到原点位置
rtn = GT_CrdSpace(1,&space,0);             // 查询坐标系 1 的 FIFO0 所剩余的空间
rtn = GT_CrdStart(1,0);                    // 启动坐标系 1 的 FIFO0 的插补运动
// 等待运动完成
rtn = GT_CrdStatus(1,&run,&segment,0);     // 查询坐标系 1 的 FIFO 的插补运动状态
do
{
    rtn = GT_CrdStatus(1,&run,&segment,0);
}while(run == 1);                          // 坐标系在运动,查询到的 run 的值为 1
…… …… ……
```

圆弧插补例程的运行结果如图 5-6-6 所示。

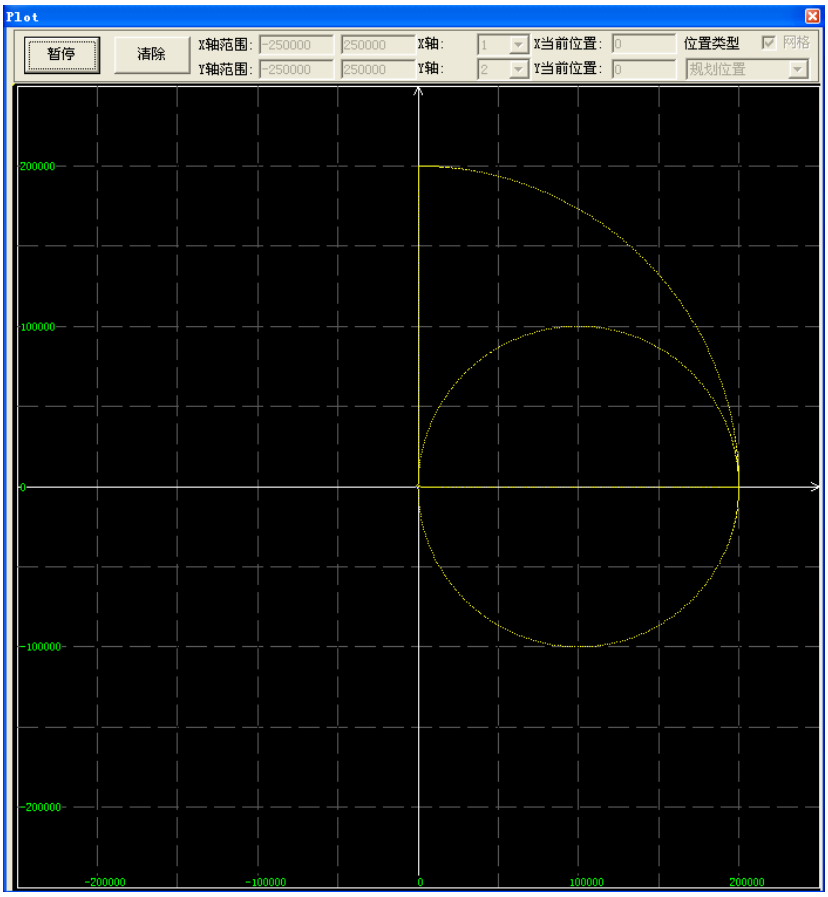


图 5-6-6 圆弧插补例程运动结果

该控制器支持在 XY 平面、YZ 平面和 ZX 平面的圆弧插补，其中圆弧插补的旋转方向按照右手螺旋定则定义为：从坐标平面的“上方”(即垂直于坐标平面的第三个轴的正方向)看，来确定逆时针方向和顺时针方向。可以这样简单记忆：将右手拇指前伸，其余四指握拳，拇指指向第三个轴的正方向，其余四指的方向即为逆时针方向。映射坐标系为二维坐标系

(X-Y)时，XOY 坐标平面内的圆弧插补逆时针方向同样定义。

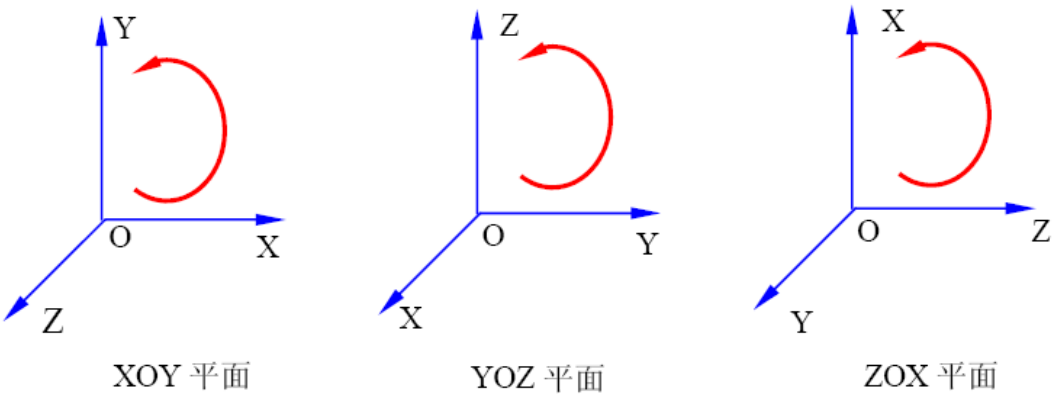


图 5-6-7 圆弧插补逆时针方向

圆弧插补有两种描述方法：半径描述方法和圆心坐标描述方法，用户可以根据加工数据选择合适的描述方法来编程。所使用的描述方法遵循 G 代码的编程标准。

1．半径描述方法

半径描述方法，即调用指令 GT_ArcXYR()、GT_ArcYZR()、GT_ArcZXR()对圆弧进行描述，用户需要输入圆弧终点坐标、圆弧半径、圆弧的旋转方向、速度和加速度等。其中参数半径可为正值，也可为负值，其绝对值为圆弧的半径，正值表示圆弧的旋转角度≤180°，负值表示圆弧的旋转角度＞180°，如图 5-6-8 所示，半径描述方法无法描述 360°的整圆。

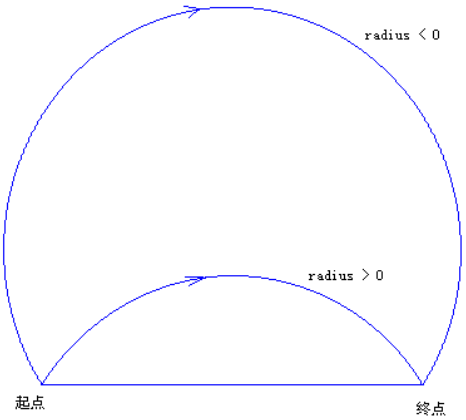


图 5-6-8 半径取正值/负值圆弧插补示意图

2．圆心描述方法

圆心描述方法，即调用指令 GT_ArcXYC()、GT_ArcYZC()、GT_ArcZXC()对圆弧进行描述，用户需要输入圆弧终点坐标、圆心相对于起点坐标的相对位置值、圆弧的旋转方向、速度和加速度等。其中，圆心位置值参数的定义如下图所示：

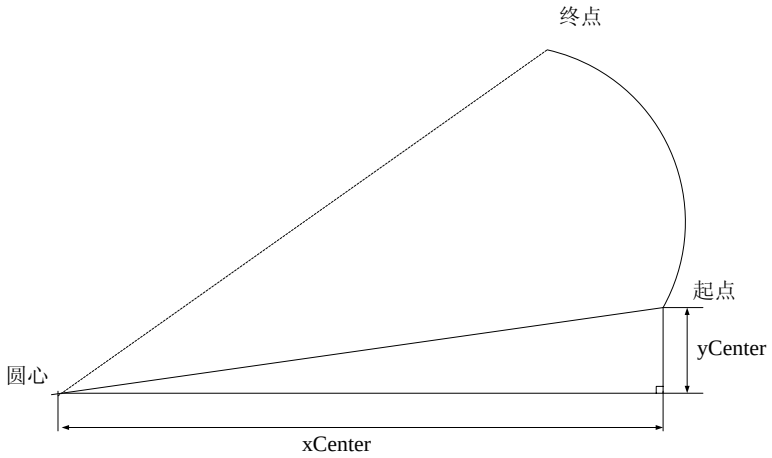


图 5-6-9 圆心表示方法示意图

圆心参数为相对于起点位置的增量值，带正负号，如果起点的坐标为(xStart,yStart)，用户设置的圆心参数为(xCenter,yCenter)，则圆心坐标值为(xStart+xCenter,yStart+yCenter)。用户设置的起点坐标和终点坐标重合时，则表示将要进行一个整圆的运动。

用户应该保证圆弧描述指令可以正确描述一段圆弧，如果用户所设置的参数不能生成一段正确的圆弧，指令会返回 7(参数错误)。

5.6.2.3 前瞻预处理

小线段插补加工的特点：为保证刀具与加工工件接触面的光顺，尽量保持轨迹运动过程中切向速度的恒定，同时又必须保证一定的轨迹加工精度。

观察图 5-6-10，可以了解该图形中每条线段终点处都是拐点(轨迹特征发生明显改变的点)，且必须降速，但是否应该降到 0，需要根据线段长度、速度、加速度以及拐点速度变化限值等与加工工艺相关的参数来计算出各段的终点速度。

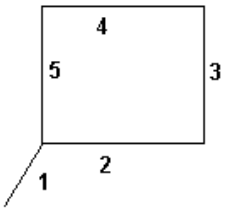


图 5-6-10 X-Y 平面多段轨迹图形

观察图 5-6-11，可以了解对于以小线段拟合曲线轨迹的线段组合，应在加工过程中尽量保持切向速度的恒定，但又必须保证在拐点(第 8 点)处将速度降到一个合理的值(合理的终点速度)，以保证加工执行机构(机械本体和电机)能够承受由于拐点处轨迹特征发生变化而带来的速度变化量。

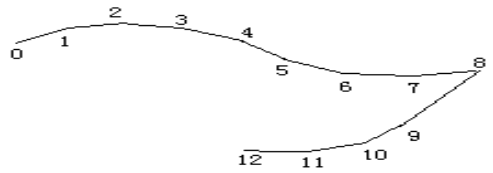


图 5-6-11 X-Y 平面小线段轨迹图形

为了解决高速和高精度这对矛盾，运动控制器对运动过程中的速度规划采用基于前瞻预处理的处理方式。

用户可根据本身机床的工艺特征参数(脉冲当量、目标速度、最大加速度、允许拐弯时间等)，调用运动控制器提供的前瞻预处理模块，给出每段的终点速度，运动控制器则严格按照每段终点速度进行加减速控制。运动控制器将这套实现速度规划预处理功能的指令称为前瞻预处理(又称 LookAhead)指令。

从图 5-6-12 可以直观地了解，使用前瞻预处理功能模块来规划速度，在小线段加工过程中的对速度的显著提升：

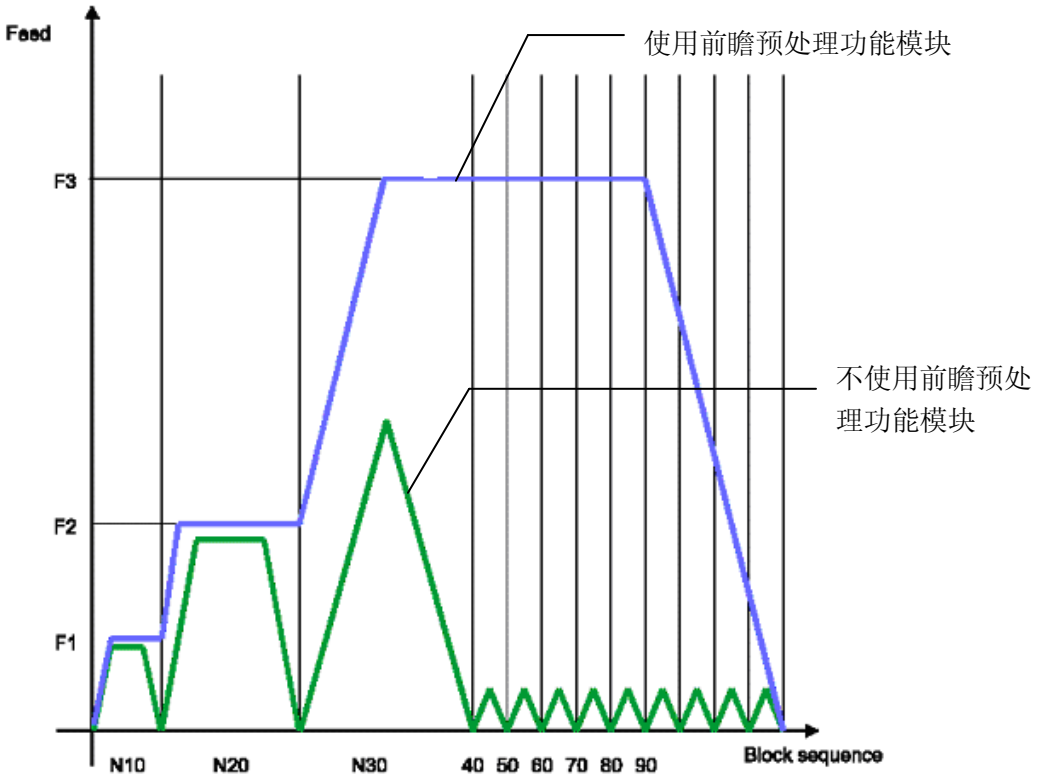


图 5-6-12 使用和不使用前瞻预处理功能模块的速度曲线对比图

使用前瞻预处理的例程如下：

…… …… ……

```
short rtn;
int i;
TCrdData crdDataSend;
```

```
TCrdData crdData[200];                    // 定义前瞻缓存区内存区
long posTest[2];
rtn = GT_InitLookAhead(1,0,5,1,200,crdData); // 初始化坐标系 1 的 FIFO0 的前瞻模块
// 压插补数据：小线段加工
posTest[0] = 0;
posTest[1] = 0;
for(i=0;i<300;++i)
{
    rtn = GT_LnXY(1,8000+posTest[0],9000+posTest[1],100,0.8,0,0);
    posTest[0] += 1600;
    posTest[1] += 1852;
}
rtn = GT_CrdData(1,NULL,0);               // 将前瞻缓存区中的数据压入控制器
rtn = GT_CrdStart(1,0);
…… …… ……
```

例程说明：

拐弯时间(T)：GT_InitLookAhead()指令的第三个参数，单位：ms。T 的经验范围是：1ms~10ms，T 越大，计算出来的终点速度越大，但却降低了加工精度；反之，提高了加工的精度，但计算出的终点速度偏低。因此要合理选择 T 值。

最大加速度(accMax)：GT_InitLookAhead()指令的第四个参数，单位：pulse/(ms*ms)。系统能承受的最大加速度，根据不同的机械系统和电机驱动器取值不同。

前瞻缓存区大小和前瞻缓存区内存区指针：该前瞻模块采用用户提供前瞻缓存区内存区的方式，因此，用户可以根据自己的需要以及计算机的条件定义合适的缓存区大小，前瞻缓存区越大，占用的内存区就越大。用户需要先定义一个插补数据数组变量，申请一定的内存区，然后通过 GT_InitLookAhead()指令把内存区的指针传递给运动控制器的前瞻模块，在进行前瞻预处理的过程中，用户不能再对该内存区进行任何操作，否则将会破坏前瞻缓存区中的数据，造成数据的错误。

当前瞻缓存区的段数不为 0 时，用户调用缓存区指令传递的插补数据先进入前瞻缓存区，当前瞻缓存区放满之后，如果再有新的数据传入，最先进入前瞻缓存区的数据，则会进入插补缓存区。

如果用户所有的插补数据已经输入完毕，前瞻缓存区中还有数据没有进入插补缓存区，这时，需要调用 GT_CrdData(1,NULL,0)，运动控制器会将前瞻缓存区的数据依次传递给插补缓存区，直到前瞻缓存区被清空为止。

在数据量比较大的时候，用户需要配合 GT_CrdSpace()指令查询插补缓存区的剩余空间，在有空间的时候再调用缓存区指令传递数据，如果插补缓存区已满，调用缓存区指令将会返回错误，说明该段插补数据没有输入成功，需要再次输入该段插补数据。

如果不使用前瞻预处理功能，则运动控制器不会对插补段的终点速度和目标速度进行优化，运动控制器将严格按照用户指定的目标速度和终点速度进行速度规划。如果用户调用 GT_LnXYG0()、GT_LnXYZG0()和 GT_LnXYZAG0()指令，则该运动指令将会完成一个完整的加减速过程，即每段运动的合成速度都是从 0 开始，结束的时候也是 0。如果调用其他插补运动指令(包括直线插补和圆弧插补指令)，则用户可以指定插补段的目标速度和终点速度，运动控制器会按照用户指定的目标速度和终点速度进行速度规划。

使用前瞻预处理功能之后，控制器会根据用户设置的参数将每段的终点速度设置为一个合理的值，该值不一定为 0，如果用户的工艺要求某段插补数据的终点速度必须为 0，则需

要调用 GT_LnXYG0()、GT_LnXYZG0()或者 GT_LnXYZAG0()，该指令会将该直线插补段的终点速度设置为 0。如果调用其他插补运动指令(包括直线插补和圆弧插补指令)，则用户设置的终点速度将会无效，实际的终点速度是前瞻预处理模块根据用户设置的前瞻预处理参数和运动轨迹计算出来的一个合理的终点速度。另外，如果某段插补运动数据与下段插补运动数据之间存在缓存区延时，则该段插补运动的终点速度会被设置为 0。

前瞻预处理功能只支持 3 轴或者 3 轴以下的插补运动，如果建立的坐标系大于 3 轴，则在使用前瞻预处理功能时，会返回错误值，调用缓存区指令时，会返回 7(参数错误)。

如果没有进行前瞻预处理的合成速度曲线如图 5-6-13 所示，合成速度在不停的变化。进行前瞻预处理的合成速度曲线如图 5-6-14 所示，由于例程中的插补运动都是在同一条直线上，所以速度可以一直维持在目标速度，大大提高了加工效率。

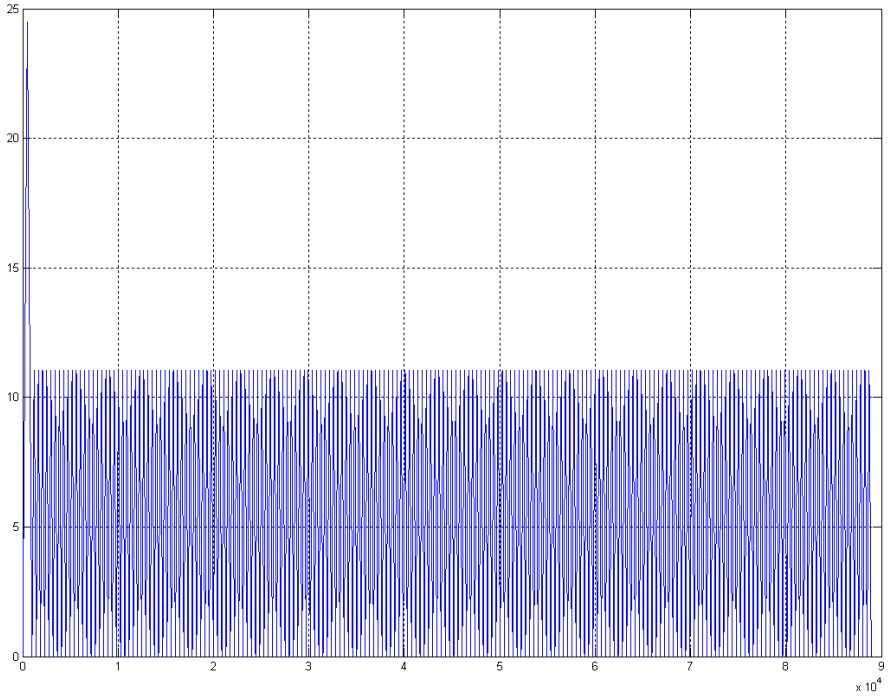


图 5-6-13 没有进行前瞻预处理的合成速度曲线

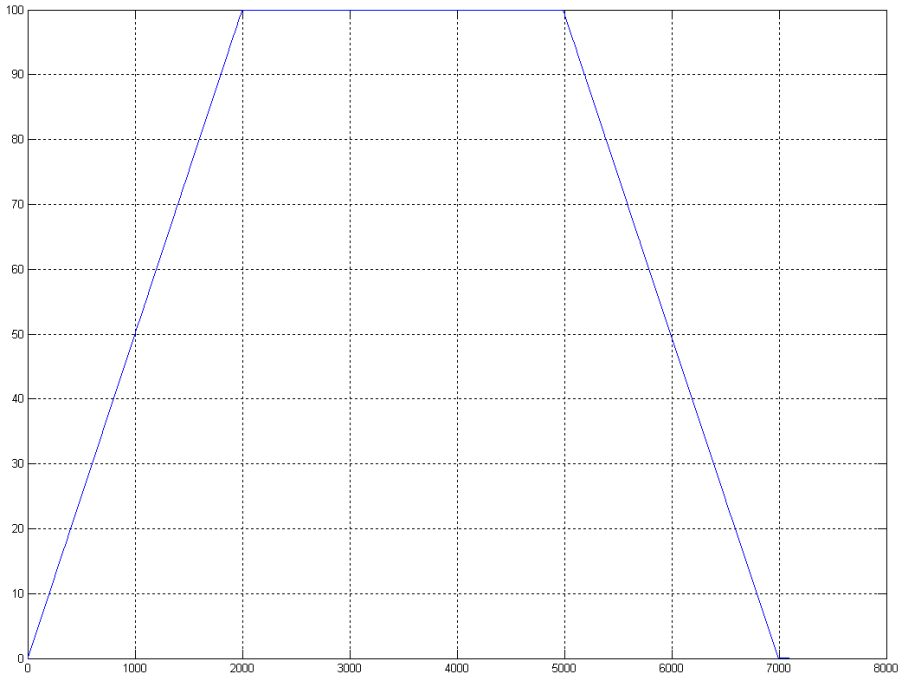


图 5-6-14 进行了前瞻预处理后的合成速度曲线

5.6.2.4 缓存区暂停、恢复

在缓存区插补的过程中，用户可能会需要暂停加工，查看加工效果，或者在暂停之后进行其他操作，如换刀等，该运动控制器支持上述操作过程。为了实现上述的操作过程，每个坐标系提供了两个插补缓存区：FIFO0 和 FIFO1。两个缓存区都有 4096 段插补缓存区，并且可以独立设置各自的前瞻预处理缓存区。

其中，FIFO0 是主运动 FIFO，用户的主体插补运动的插补数据应该放在 FIFO0 中。FIFO0 的插补运动可以被中断，中断后可以进行辅助 FIFO1 的插补运动，辅助 FIFO1 的插补运动完成后，FIFO0 可从断点处继续恢复原来的运动。

FIFO1 是辅助运动 FIFO，用户的辅助插补运动的插补数据可以放在 FIFO1 中，FIFO1 的插补数据必须在 FIFO0 的运动停止的情况下才能输入，如果 FIFO0 在运动，向 FIFO1 中传递插补数据，将会提示错误。FIFO1 的插补运动也可以暂停、恢复，但是，在暂停、恢复之间不可以进行 FIFO0 的插补运动，否则，FIFO1 缓存区将会被清空，不可以再恢复 FIFO1 的运动。

在主运动 FIFO0 的运动暂停之后，又进行了 FIFO1 的运动，如果用户希望在 FIFO1 运动结束之后，继续进行 FIFO0 的运动，则用户必须保证，FIFO1 运动结束后，坐标位置值与 FIFO0 停止时的坐标位置值(断点位置)相同，否则，FIFO0 将不接受启动运动指令，调用 GT_CrdStart()指令启动 FIFO0 的运动，将会提示错误。

5.6.2.5 刀向跟随功能

刀向跟随，就是在插补运动的过程中，部分轴会随着插补运动的合成位移的变化而变化，从而实现在加工过程中，刀具始终处于合适的加工方向的工艺。在本控制器的插补模块中有两条指令来实现该工艺：GT_BufMove()和 GT_BufGear()。GT_BufMove()可以在插补运动的过程中插入模态和非模态的点位运动；GT_BufGear()可以在插补过程中实现其他轴跟随插补合成位移的运动。

1. 插补过程中的点位运动

插补过程中的点位运动通过在缓存区中压入 GT_BufMove()指令来实现，该指令的第二个参数是需要进行点位运动的轴号，这里需要注意的是，需要进行点位运动的轴不能是坐标系中的轴；当该轴的运动模式不是点位运动模式而且正在运动时，该指令将不能正常执行。该指令的第三个参数是点位运动的目标位置，该位置值是相对于机床原点的绝对位置。该指令的第四个参数是点位运动的目标速度，该值必须为正值。该指令的第五个参数是点位运动的加速度，该值必须为正值。该指令的第六个参数表示该点位运动是模态的还是非模态的，模态指令的意义是，在进行该点位运动时，后续的插补缓存区中的指令将会被暂停执行，直到该指令执行完毕后，才执行下一条指令；非模态指令的意义是，该指令启动了一个轴的点位运动后，立即取下一条缓存区中的指令执行，不会等待点位运动的结束。使用的具体例程如下：

```
…… …… ……
short rtn;
short run;                                  // 定义坐标系运动状态查询变量
long segment;                               // 定义坐标系运动完成段查询变量
rtn = GT_CrdClear(1,0);                     // 清除坐标系 1 的 FIFO0 中的数据

rtn = GT_LnXY(1,200000,200000,100,0.1,0,0); // 直线插补指令

rtn = GT_BufMove(1,4,50000,30,0.1,0,0);     // 缓存区内的点位运动指令
                                            // 点位运动的轴号：第 4 轴
                                            // 点位运动的目标位置：50000 pulse
                                            // 点位运动的目标速度：30 pulse/ms
                                            // 点位运动的目标加速度：0.1 pulse/(ms*ms)
                                            // 该点位运动是非模态指令

rtn = GT_LnXY(1,200000,0,100,0.1,0,0);      // 直线插补指令

rtn = GT_BufMove(1,4,100000,30,0.1,1,0);    // 缓存区内的点位运动指令
                                            // 点位运动的轴号：第 4 轴
                                            // 点位运动的目标位置：100000 pulse
                                            // 点位运动的目标速度：30 pulse/ms
                                            // 点位运动的目标加速度：0.1 pulse/(ms*ms)
                                            // 该点位运动是模态指令

rtn = GT_ArcXYC(1,-200000,0,-200000,0,0,100,0.1,0,0); // 圆弧插补指令
```

```
do
{
    rtn = GT_CrdStatus(1,&run,&segment,0);
}while(run == 1);                          // 坐标系在运动,查询到的 run 的值为 1
…… …… ……
```

例程的运行结果如下图所示：

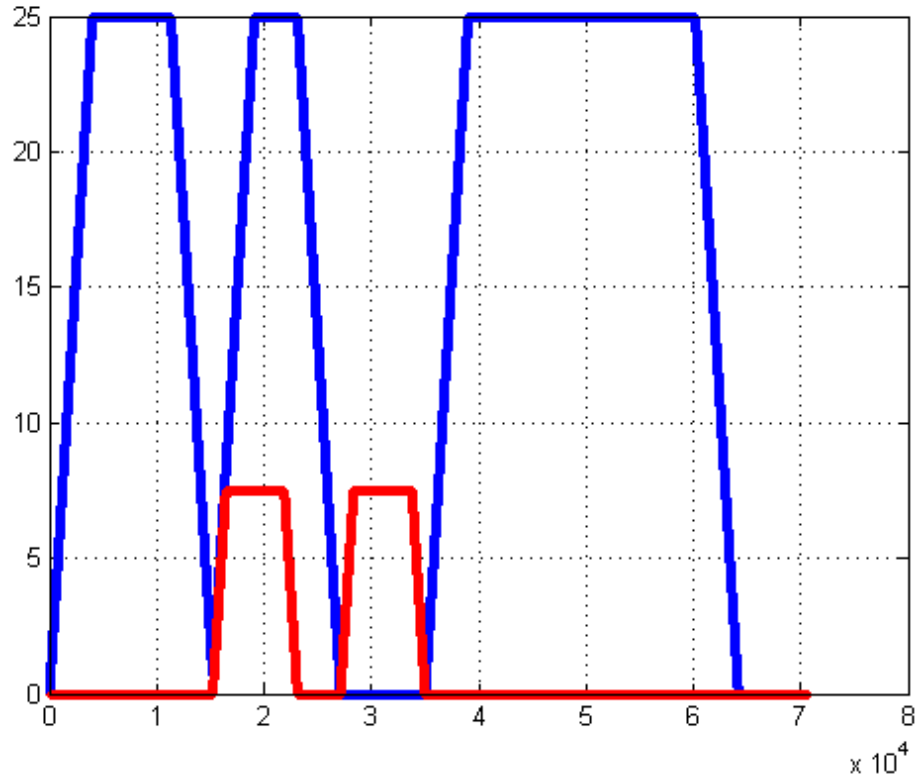


图 5-6-15 插补缓存区内的点位运动速度图

其中蓝色为插补运动的合成速度，红色为点位运动轴的速度值，可以看出第一个点位运动是非模态指令，与插补运动同时运动，而第二个点位运动是模态指令，会阻塞插补运动，等点位运动结束之后，再进行插补运动。

在使用插补缓存区中的点位运动功能时，需要注意以下内容：

a. 点位运动的目标位置是相对于机床原点的绝对位置。

b. 如果在上一次的缓存区点位运动没有运动完成，又发送了新的点位运动，则会按照新的点位运动指令进行规划，即可以在插补缓存区中修改点位运动的目标位置和目标速度。

c. 如果在运动过程中停止插补缓存区的运动，则点位运动将不会停止，如果需要停止点位运动，则需要调用 GT_Stop()指令停止响应轴的运动。恢复缓存区运动时，用户需自行保证之前点位运动的轴在合适的位置上。

d. 当在模态点位运动的过程中，进行点位运动的轴由于触发限位等异常原因停止时，插补缓存区将不会再继续运行，此时用户需排查异常情况，重新设置相应参数，使系统正常后才可以工作。

2. 插补过程中的跟随运动

插补过程中的跟随运动通过在缓存区中压入 GT_BufGear()指令来实现，该指令的第二个参数是需要进行跟随运动的轴号，这里需要注意的是，需要进行跟随运动的轴不能是坐标系

中的轴；如果在发送跟随指令 GT_BufGear()时该轴正在运动时，该指令将不能正常执行。该指令的第三个参数是跟随运动的位移量，该位移量是相对值，即下一段插补段运动过程中，跟随轴需要运动的位移量。使用的具体例程如下：

```
…… …… ……
short rtn;
short run;                                  // 定义坐标系运动状态查询变量
long segment;                               // 定义坐标系运动完成段查询变量
rtn = GT_CrdClear(1,0);                     // 清除坐标系 1 的 FIFO0 中的数据

rtn = GT_LnXY(1,200000,200000,100,0.1,0,0); // 直线插补指令

rtn = GT_BufGear(1,4,50000, 0);             // 缓存区内的跟随运动指令
                                            // 跟随运动的轴号：第 4 轴
                                            // 跟随运动的位移量：50000 pulse

rtn = GT_LnXY(1,200000,0,100,0.1,0,0);      // 直线插补指令

rtn = GT_BufGear(1,4,50000,0);              // 缓存区内的跟随运动指令
                                            // 跟随运动的轴号：第 4 轴
                                            // 跟随运动的位移量：50000 pulse

rtn = GT_ArcXYC(1,-200000,0,-200000,0,0,100,0.1,0,0); // 圆弧插补指令
do
{
    rtn = GT_CrdStatus(1,&run,&segment,0);
}while(run == 1);                           // 坐标系在运动,查询到的 run 的值为 1
…… …… ……
```

例程的运行结果如下图所示：

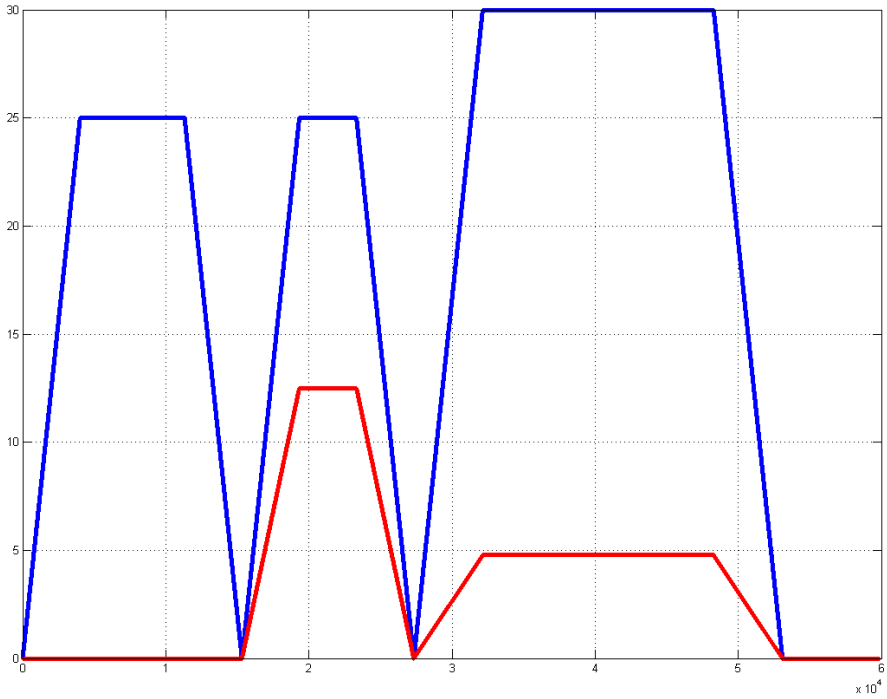


图 5-6-16 插补缓存区内的跟随运动速度图

其中蓝色为插补运动的合成速度，红色为跟随运动轴的速度值，跟随轴的速度跟随插补运动的合成速度的变化而变化。

在使用插补缓存区中的跟随运动功能时，需要注意以下内容：

a．GT_BufGear()指令需要在所要跟随的插补段前，不要间隔其他种类的指令，可以同时调用多个 GT_BufGear()指令来实现多个轴跟随插补运动。

b．当暂停坐标系运动时，当插补的合成速度减速到 0 时，跟随轴的速度也会为 0，如果希望重新恢复坐标系运动时，跟随轴仍能够实现跟随，不要调用 GT_Stop()指令停止跟随轴的运动，否则重新启动插补缓存区的运动时，跟随轴将无法完成正在进行的跟随运动。

5.7 PVT 模式

5.7.1 指令列表

PVT 指令列表

指令	说明
GT_PrfPvt	设置指定轴为 PVT 模式
GT_SetPvtLoop	设置循环次数
GT_GetPvtLoop	查询循环次数
GT_PvtTable	向指定数据表传送数据，采用 PVT 描述方式
GT_PvtTableComplete	向指定数据表传送数据，采用 Complete 描述方式
GT_PvtTablePercent	向指定数据表传送数据，采用 Percent 描述方式
GT_PvtPercentCalculate	计算 Percent 描述方式下各数据点的速度
GT_PvtTableContinuous	向指定数据表传送数据，采用 Continuous 描述方式
GT_PvtContinuousCalculate	计算 Continuous 描述方式下各数据点的时间
GT_PvtTableSelect	选择数据表
GT_PvtStart	启动运动
GT_PvtStatus	读取状态

PVT 指令参数说明

GT_PrfPvt(short profile)	
profile	轴号
GT_SetPvtLoop(short profile,long loop)	
profile	轴号
loop	指定循环执行的次数 0 表示无限循环
GT_GetPvtLoop(short profile,long *pLoopCount,long *pLoop)	
profile	轴号
pLoopCount	查询已经循环的次数
pLoop	查询循环执行的总次数
GT_PvtTable(short tableId,long count,double *pTime,double *pPos,double *pVel)	
tableId	指定数据表
count	数据点个数，每个数据表具有 1024 个存储空间 每个数据点占用 1 个存储空间
pTime	数据点时间数组，单位是“毫秒”，数组长度为 count
pPos	数据点位置数组，单位是“脉冲”，数组长度为 count
pVel	数据点速度数组，单位是“脉冲/毫秒”，数组长度为 count
GT_PvtTableComplete(short tableId,long count,double *pTime,double *pPos,double *pA,double *pB,double *pC,double velBegin,double velEnd)	
tableId	指定数据表
count	数据点个数，每个数据表具有 1024 个存储空间

	每个数据点占用 1 个存储空间
pTime	数据点时间数组，单位是“毫秒”，数组长度为 count
pPos	数据点位置数组，单位是“脉冲”，数组长度为 count
pA、pB、pC	工作数组，内部使用，数组长度为 count 该数组用户不必赋值
velBegin	起点速度，单位是“脉冲/毫秒”
velEnd	终点速度，单位是“脉冲/毫秒”
GT_PvtTablePercent(short tableId,long count,double *pTime,double *pPos,double *pPercent, double velBegin)	
tableId	指定数据表
count	数据点个数，每个数据表具有 1024 个存储空间 每个数据点占用 1~3 个存储空间
pTime	数据点时间数组，单位是“毫秒”，数组长度为 count
pPos	数据点位置数组，单位是“脉冲”，数组长度为 count
pPercent	数据点百分比数组，数组长度为 count 百分比的取值范围[0,100]
velBegin	起点速度，单位是“脉冲/毫秒”
GT_PvtPercentCalculate(long count,double *pTime,double *pPos,double *pPercent, double velBegin,double *pVel)	
count	数据点个数，该指令用来计算各数据点的速度，不会将数据点下载到运动控制器
pTime	数据点时间数组，单位是“毫秒”，数组长度为 count
pPos	数据点位置数组，单位是“脉冲”，数组长度为 count
pPercent	数据点百分比数组，数组长度为 count 百分比的取值范围[0,100]
velBegin	起点速度，单位是“脉冲/毫秒”
pVel	返回各数据点的速度，单位是“脉冲/毫秒”
GT_PvtTableContinuous(short tableId,long count,double *pPos,double *pVel,double *pPercent, double *pVelMax, double *pAcc, double *pDec,double timeBegin)	
tableId	指定数据表
count	数据点个数，每个数据表具有 1024 个存储空间 每个数据点占用 1~8 个存储空间
pPos	数据点位置数组，单位是“脉冲”，数组长度为 count
pVel	数据点速度数组，单位是“脉冲/毫秒”，数组长度为 count
pPercent	数据点百分比数组，数组长度为 count 百分比的取值范围[0,100]
pVelMax	数据点最大速度数组，单位是“脉冲/毫秒”，数组长度为 count
pAcc	数据点加速度数组，单位是“脉冲/毫秒^2”，数组长度为 count
pDec	数据点减速度数组，单位是“脉冲/毫秒^2”，数组长度为 count
timeBegin	起点时间，单位是“毫秒”
GT_PvtContinuousCalculate(long count,double *pPos,double *pVel,double *pPercent, double *pVelMax, double *pAcc, double *pDec, double *pTime)	
count	数据点个数，该指令用来计算各数据点时间，不会将数据点下载到运

	动控制器
pPos	数据点位置数组，单位是“脉冲”，数组长度为 count
pVel	数据点速度数组，单位是“脉冲/毫秒”，数组长度为 count
pPercent	数据点百分比数组，数组长度为 count 百分比的取值范围[0,100]
pVelMax	数据点最大速度数组，单位是“脉冲/毫秒”，数组长度为 count
pAcc	数据点加速度数组，单位是“脉冲/毫秒^2”，数组长度为 count
pDec	数据点减速度数组，单位是“脉冲/毫秒^2”，数组长度为 count
pTime	返回各数据点的时间，单位是“毫秒”
GT_PvtTableSelect(short profile,short tableId)	
profile	轴号
tableId	指定数据表 PVT 模式提供 32 个数据表，取值范围[1,32]
GT_PvtStart(long mask)	
mask	按位指示需要启动的轴号 bit0 表示 1 轴，bit1 表示 2 轴，…… 当 bit 位为 1 时表示启动对应的轴 在启动运动之前，可以调用 GT_PvtTableSelect 选择数据表 如果没有选择数据表，默认使用数据表 1 如果数据表为空，则启动失败
GT_PvtStatus(short profile,short *pTableId,double *pTime,short count)	
profile	轴号
pTableId	当前正在使用的数据表
pTime	当前轴已经运动的时间，单位是“毫秒”
count	读取的轴数

5.7.2 重点说明

PVT 模式使用一系列数据点的“位置、速度、时间”参数来描述运动规律。

位置、速度和时间满足如下函数关系：

$$p = at^3 + bt^2 + ct + d$$

$$v = \frac{dp}{dt} = 3at^2 + 2bt + c$$

如果给定相邻 2 个数据点的“位置、速度、时间”参数，可以得到如下方程组：

$$\begin{cases} at_1^3 + bt_1^2 + ct_1 + d = p_1 \\ 3at_1^2 + 2bt_1 + c = v_1 \\ at_2^3 + bt_2^2 + ct_2 + d = p_2 \\ 3at_2^2 + 2bt_2 + c = v_2 \end{cases}$$

求解该方程组，可以得到 a、b、c、d，因此相邻 2 个数据点的运动规律就可以确定下来。

运动控制器提供 32 个数据表存储数据点。每个数据表具有 1024 个存储空间。数据表和轴之间相互独立，一个数据表可以供多个轴使用。

调用 GT_PvtTable、GT_PvtTableComplete、GT_PvtTablePercent 或 GT_PvtTableContinuous 指令向数据表中传递数据。这些指令会删除数据表中原先的数据，因此所有数据应当一次传送完毕。如果使用数据表的轴正在运动，禁止更新数据表。

调用 GT_PvtTableSelect 指令选择数据表。可以在运动状态下切换数据表，但是不会立即切换。只有当前数据表执行完毕以后，才会切换到新的数据表。

调用 GT_PvtStart 启动运动。启动以后，各轴时间清 0。如果第一个数据点的时间为 0 则立即启动，否则会延时启动，延时时间等于第一个数据点的时间。

数据表可以循环执行，调用 GT_SetPvtLoop 设置循环次数，循环次数为 0 表示无限循环。当遍历完数据表以后，时间初始化为第一个数据点的时间，而不是 0。

假设有如下 4 个数据点，采用 PVT 方式进行描述。

数据点	时间（毫秒）	位置（脉冲）	速度（脉冲/毫秒）
P1	1,000	0	0
P2	2,000	5,000	10
P3	3,000	15,000	10
P4	4,000	20,000	0

1. 调用 GT_PrfPvt 将轴切换到 PVT 模式
2. 调用 GT_PvtTable 将 4 个数据点传递到数据表
3. 调用 GT_SetPvtLoop 设置为循环执行
4. 调用 GT_PvtStart 启动运动

由于 P1 的时间为 1000 毫秒，因此调用 GT_PvtStart 以后延时 1000 毫秒启动。由于是循环执行，到达 P4 以后返回到 P1，速度曲线如下图所示。

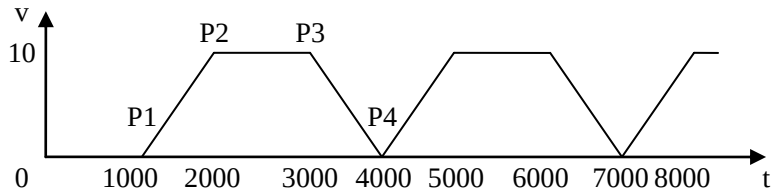


图 5-7-1 循环执行数据表

PVT 模式有 4 种方式描述运动规律，PVT、Complete、Percent 和 Continuous，下面对此进行详细说明。

5.7.2.1 PVT 描述方式

PVT 描述方式直接定义各数据点的“位置、速度、时间”。相邻 2 个数据点之间，运动控制器使用 3 次多项式对位置进行插值，使用 2 次多项式对速度进行插值。因此当给出各数据点“位置、速度、时间”参数以后，相应的运动规律也就确定下来。

例如下面 4 组数据点，采用 PVT 描述方式。

数据点	时间（毫秒）	位置（脉冲）	速度（脉冲/毫秒）
P1	0	0	0
P2	1,000	5,000	10
P3	2,000	15,000	10
P4	3,000	20,000	0
数据点	时间（毫秒）	位置（脉冲）	速度（脉冲/毫秒）
P1	0	0	0
P2	1,000	5,000	9
P3	2,000	15,000	9
P4	3,000	20,000	0
数据点	时间（毫秒）	位置（脉冲）	速度（脉冲/毫秒）
P1	0	0	0
P2	1,000	5,000	7.5
P3	2,333	15,000	7.5
P4	3,333	20,000	0
数据点	时间（毫秒）	位置（脉冲）	速度（脉冲/毫秒）
P1	0	0	0
P2	750	1,667	6.6669
P3	2,250	18,333	6.6669
P4	3,000	20,000	0

这 4 组数据点对应的运动规律如图所示。

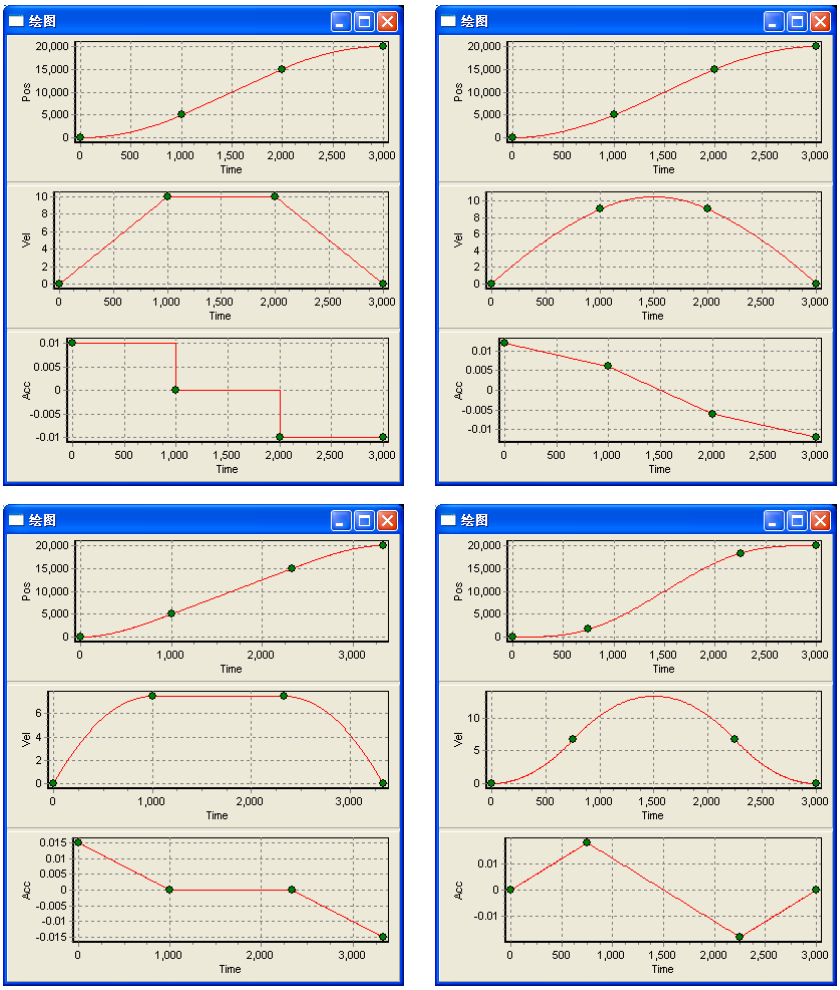


图 5-7-2 合理的 PVT 数据点参数

可以看出，PVT 描述方式非常灵活。给定数据点的“位置、速度、时间”参数，就能够得到相应的运动规律。

需要注意的是，数据点参数需要仔细设计，否则难以得到理想的运动规律。

例如下面 2 组数据点参数不合理，得到的速度曲线不够平滑。

数据点	时间（毫秒）	位置（脉冲）	速度（脉冲/毫秒）
P1	0	0	0
P2	1,000	5,000	15
P3	2,000	15,000	15
P4	3,000	20,000	0
数据点	时间（毫秒）	位置（脉冲）	速度（脉冲/毫秒）
P1	0	0	0
P2	1,000	5,000	5
P3	2,000	15,000	5
P4	3,000	20,000	0

这 2 组数据点对应的运动规律如图所示。

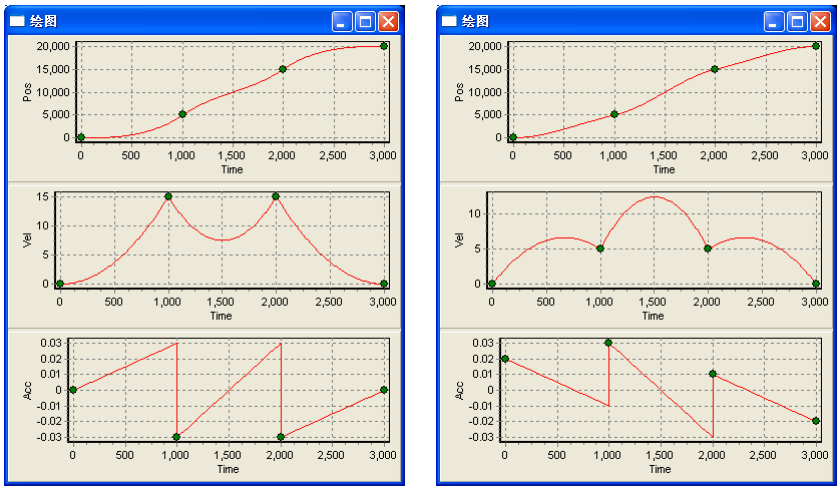


图 5-7-3 不合理的 PVT 数据点参数

5.7.2.2 Complete 描述方式

Complete 描述方式定义各数据点的“位置、时间”，以及起点速度和终点速度。

Complete 方式只定义了起点速度和终点速度。运动控制器根据各数据点的“位置、时间”参数计算中间各点的速度，确保各数据点速度连续和加速度连续。

例如下面这组数据点，采用 Complete 描述方式，可以轻松得到光滑的速度曲线。

数据点	时间（毫秒）	位置（脉冲）	速度（脉冲/毫秒）
P1	0	0	0
P2	1,000	5,000	不指定
P3	2,000	15,000	不指定
P4	3,000	20,000	0

这组数据点对应的运动规律如图所示。

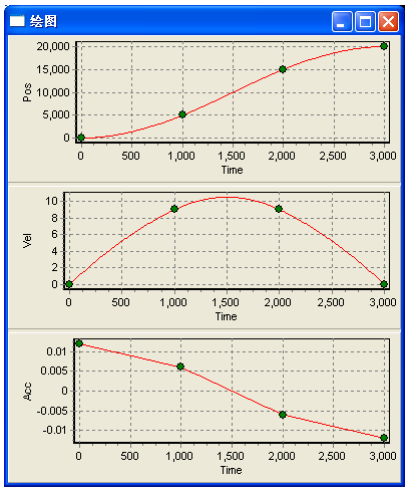


图 5-7-4 Complete 描述方式

Complete 适合描述光滑的速度曲线，例如三角函数等。

假设位置和时间之间的关系由函数 $P=50000\sin^2(\pi/2000*t)$确定。在一个函数周期[0,2000]内取 5 个时间点计算相应的位置，如下表所示。

数据点	时间（毫秒）	位置（脉冲）	速度（脉冲/毫秒）
P1	0	0	0
P2	500	25,000	不指定
P3	1,000	50,000	不指定
P4	1,500	25,000	不指定
P5	2,000	0	0

这组数据点对应的运动规律如图所示。

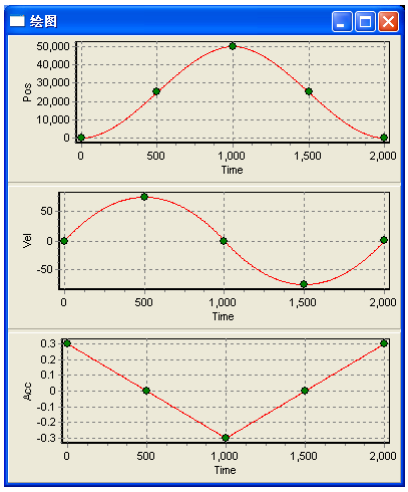


图 5-7-5 Complete 方式描述三角函数

增加数据点可以减小与函数 $P=50000\sin^2(\pi/2000*t)$的逼近误差。下图给出了数据点数为 5、10、50 时的位置误差。

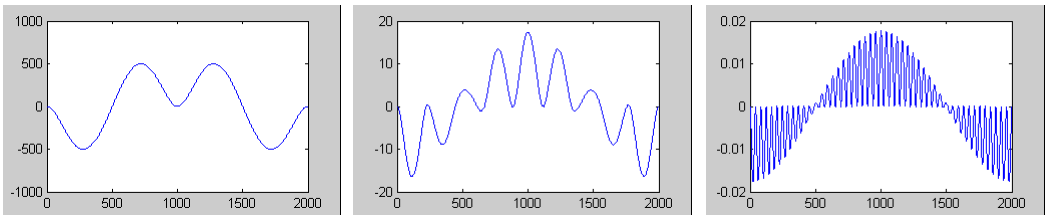


图 5-7-6　数据点数分别为 5、10、50 时的位置误差

5.7.2.3 Percent 描述方式

Percent 描述方式定义各数据点的“位置、时间、百分比”，以及起点速度。

Percent 描述方式能够精确定义加速段、匀速段、减速段的位移、速度和时间。

Percent 描述方式假设相邻 2 个数据点之间速度为线性变化，利用起点速度以及各数据点的“位置、时间”参数，通过如下递推公式可以计算出各数据点的速度。

$$v_{i+1}=\frac{2(p_{i+1}-p_i)}{t_{i+1}-t_i}-v_i$$

因此指定了各数据点的“位置、时间”参数以后，各数据点的速度实际上也就已经确定下来。

通过“百分比”参数可以调整速度曲线的光滑性。数据点的百分比参数是指“相邻 2 个数据点之间加速度的变化时间占速度变化时间的百分比”。以下图为例来进行说明。

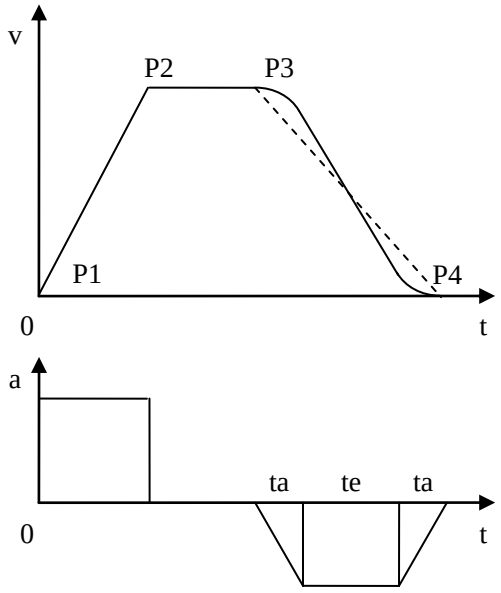


图 5-7-7 百分比的定义

数据点 P1 和 P2 之间加速度不变，因此数据点 P1 的百分比为 0。

数据点 P2 和 P3 之间加速度不变，因此数据点 P2 的百分比为 0。

数据点 P3 和 P4 之间加速度变化时间为 2ta，运动时间为 2ta+te，因此数据点 P3 的百分比为 2ta/(2ta+te)*100%。

调整百分比参数，不会影响数据点的“位置、时间参数”。以上图为例，当数据点 P3 的百分比为 0 时，数据点 P3 和 P4 之间的速度曲线为虚线；当数据点 P3 的百分比不为 0 时，数据点 P3 和 P4 之间的速度曲线为实线。

例如下面这组数据点，采用 Percent 描述方式。

数据点	时间（毫秒）	位置（脉冲）	百分比	速度（脉冲/毫秒）
P1	0	0	60	0
P2	1,000	5,000	0	不指定
P3	2,000	15,000	100	不指定
P4	3,000	20,000	0	不指定

这组数据点对应的运动规律如图所示。

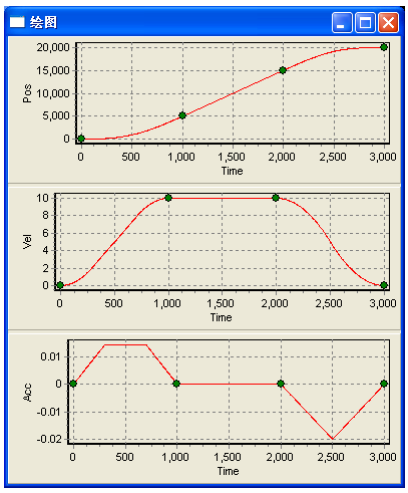


图 5-7-8 Percent 描述方式

5.7.2.4 Continuous 描述方式

Continuous 描述方式定义各数据点的“位置、速度、最大速度、加速度、减速度、百分比”。不用指定数据点的时间。运动控制器根据数据点参数，自动将相邻 2 个数据点之间拆分为加速段、匀速段和减速段。

数据点 P_i 的最大速度是指从数据点 P_i 到数据点 P_{i+1} 之间的速度上限。

数据点 P_i 的加速度是指从数据点 P_i 到数据点 P_{i+1} 之间的加速段所使用的加速度。

数据点 P_i 的减速度是指从数据点 P_i 到数据点 P_{i+1} 之间的减速段所使用的减速度。

数据点 P_i 的百分比是指从数据点 P_i 到数据点 P_{i+1} 之间的加减速段中，加速度变化时间占速度变化时间的百分比。

相邻 2 个数据点之间能够拆分出来的段数和这 2 个数据点的参数有关，下图示例了一些可能的分段情况。

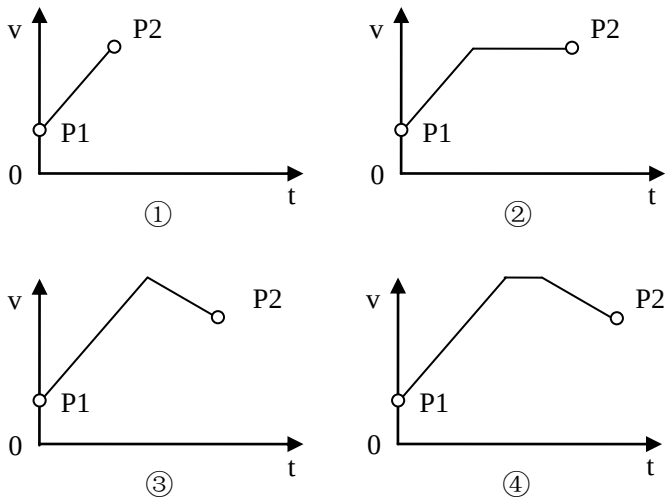


图 5-7-9 Continuous 描述方式

例如下面这 2 组数据点，采用 Continuous 描述方式。

数据点	位置	速度	最大速度	加速度	减速度	百分比
P1	0	0	10	0.01	0.01	60
P2	20,000	0	10	0.01	0.01	0
数据点	位置	速度	最大速度	加速度	减速度	百分比
P1	0	0	10	0.01	0.01	60
P2	19,800	2	2	0.02	0.02	0
P3	21,800	0	2	0.02	0.02	0

这 2 组数据点对应的运动规律如图所示。

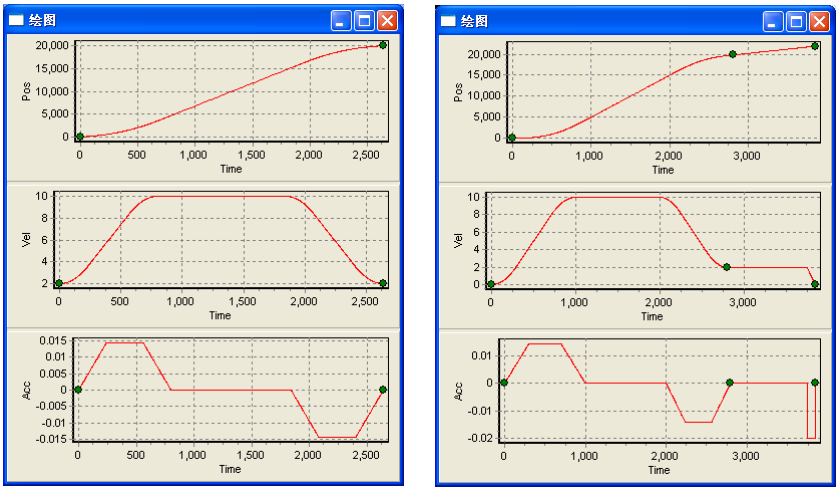


图 5-7-10 Continuous 描述方式

5.7.3 例程

5.7.3.1 PVT 描述方式

整个速度曲线由 5 段组成，并且带有起跳速度。

第一段速度增大，加速度保持不变。

第二段速度增大，加速度减小。

第三段速度不变，加速度为 0。

第四段速度减小，加速度增大。

第五段速度减小，加速度不变。

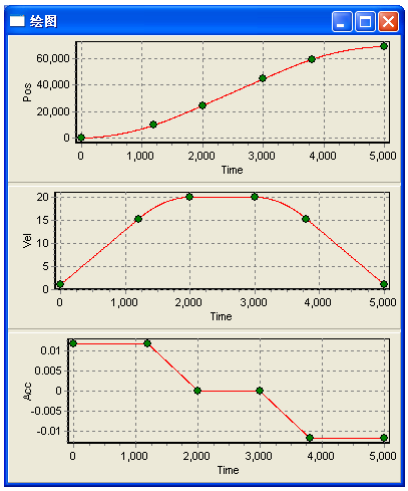


图 5-7-11 PVT 例程速度曲线

可以满足上述要求的一组数据表如下。

数据点	时间（毫秒）	位置（脉冲）	速度（脉冲/毫秒）
P1	0	0	1
P2	1,200	9,750	15.25
P3	2,000	24,483	20
P4	3,000	44,483	20
P5	3,800	59,216	15.25
P6	5,000	68,966	1

```
#include "stdafx.h"
#include "conio.h"
#include "windows.h"
#include "gts.h"
```

```
#define AXIS        1
#define TABLE       1

int main(int argc, char* argv[])
{
    short rtn;
    long mask;

    // X 轴的数据点参数
    double time[6]={0,1200,2000,3000,3800,5000};
    double pos[6]={0,9750,24483,44483,59216,68966};
    double vel[6]={1,15.25,20,20,15.25,1};

    double prfVel,prfPos,t;
    short tableId;

    // 打开运动控制器
    rtn = GT_Open();
    printf("GT_Open=%d\n",rtn);

    // 复位运动控制器
    rtn = GT_Reset();
    printf("GT_Reset=%d\n",rtn);

    // 配置运动控制器
    // 注意：配置文件取消了各轴的报警和限位
    rtn = GT_LoadConfig("test.cfg");
    printf("GT_LoadConfig=%d\n",rtn);

    // 清除各轴报警和限位
    rtn = GT_ClrSts(1,8);
    printf("GT_ClrSts=%d\n",rtn);

    rtn = GT_AxisOn(AXIS);
    printf("GT_AxisOn=%d\n",rtn);

    // 等待伺服使能就绪
    Sleep(1000);

    // 设置为 PVT 模式
    rtn = GT_PrfPvt(AXIS);
    printf("GT_PrfPvt=%d\n",rtn);

    // 发送数据
```

```
    rtn = GT_PvtTable(TABLE,6,&time[0],&pos[0],&vel[0]);
    printf("GT_PvtTable=%d\n",rtn);

    // 选择数据表
    rtn = GT_PvtTableSelect(AXIS,TABLE);
    printf("GT_PvtTableSelect=%d\n",rtn);

    mask = 1<<(AXIS-1);
    rtn = GT_PvtStart(mask);
    printf("GT_PvtStart=%d\n",rtn);

    while(!kbhit())
    {
        // 读取数据表和运动时间
        rtn = GT_PvtStatus(AXIS,&tableId,&t);

        // 读取规划速度
        rtn = GT_GetPrfVel(AXIS,&prfVel);

        // 读取规划位置
        rtn = GT_GetPrfPos(AXIS,&prfPos);

        printf("%2d %10.0lf %10.2lf %10.1lf\r",tableId,t,prfVel,prfPos);
    }

    return 0;
}
```

5.7.3.2 Complete 描述方式

假设位置和时间之间的关系由函数 $P=40000\sin^2(\pi/2000*t)$确定。要求启动以后能够循环运动，按 A 键幅值增大 50%，按 B 键幅值减小 50%。

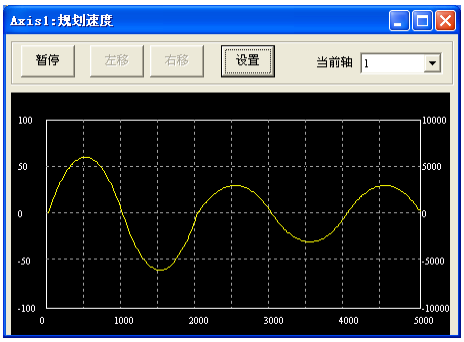


图 5-7-12 速度曲线

```
#include "stdafx.h"
#include "conio.h"
#include "windows.h"
#include "math.h"
#include "stdlib.h"
#include "gts.h"

#define AXIS            1
#define TABLE1          1
#define TABLE2          2
#define PI              3.1415926

void Calculate(double amplitude,long n,double *pTime,double *pPos)
{
    long i;

    for(i=0;i<n;++i)
    {
        pPos[i] = amplitude*sin(PI/2000*pTime[i])*sin(PI/2000*pTime[i]);
    }
}

int main(int argc, char* argv[])
{
    short rtn;
    long mask;

    // X 轴的数据点参数
    double time[5]={0,500,1000,1500,2000};

    double pos[5];
    double a[5],b[5],c[5];

    double prfVel,prfPos,t;
    short tableId;

    double amplitude = 40000;
    short table = TABLE1;
    char key;

    // 打开运动控制器
    rtn = GT_Open();
    printf("GT_Open=%d\n",rtn);
```

```
// 复位运动控制器
rtn = GT_Reset();
printf("GT_Reset=%d\n",rtn);

// 配置运动控制器
// 注意：配置文件取消了各轴的报警和限位
rtn = GT_LoadConfig("test.cfg");
printf("GT_LoadConfig=%d\n",rtn);

// 清除各轴报警和限位
rtn = GT_ClrSts(1,8);
printf("GT_ClrSts=%d\n",rtn);

rtn = GT_AxisOn(AXIS);
printf("GT_AxisOn=%d\n",rtn);

// 等待伺服使能就绪
Sleep(1000);

// 设置为 PVT 模式
rtn = GT_PrfPvt(AXIS);
printf("GT_PrfPvt=%d\n",rtn);

Calculate(amplitude,5,&time[0],&pos[0]);

// 发送数据
rtn = GT_PvtTableComplete(table,5,&time[0],&pos[0],&a[0],&b[0],&c[0],0,0);
printf("GT_PvtTableComplete=%d\n",rtn);

// 选择数据表
rtn = GT_PvtTableSelect(AXIS,table);
printf("GT_PvtTableSelect=%d\n",rtn);

// 设置为循环执行
rtn = GT_SetPvtLoop(AXIS,0);
printf("GT_SetPvtLoop=%d\n",rtn);

mask = 1<<(AXIS-1);
rtn = GT_PvtStart(mask);
printf("GT_PvtStart=%d\n",rtn);

while(1)
{
    // 读取数据表和运动时间
```

```
        rtn = GT_PvtStatus(AXIS,&tableId,&t);

        // 读取规划速度
        rtn = GT_GetPrfVel(AXIS,&prfVel);

        // 读取规划位置
        rtn = GT_GetPrfPos(AXIS,&prfPos);

        if( kbhit() )
        {
            key = getch();

            if( 'A' == toupper(key) )
            {
                amplitude *= 1.5;
            }

            if( 'B' == toupper(key) )
            {
                amplitude *= 0.5;
            }

            if( ( 'A' == toupper(key) ) || ( 'B' == toupper(key) ) )
            {
                Calculate(amplitude,5,&time[0],&pos[0]);

                table = TABLE1 + TABLE2 - tableId;

                // 发送数据
                rtn = GT_PvtTableComplete(table, 5, &time[0], &pos[0], &a[0], &b[0], &c[0],
0, 0);
                if( 0 != rtn )
                {
                    printf("\nGT_PvtTableComplete=%d\n",rtn);
                    exit(0);
                }

                // 选择数据表
                rtn = GT_PvtTableSelect(AXIS,table);
                if( 0 != rtn )
                {
                    printf("\nGT_PvtTableSelect=%d\n",rtn);
                    exit(0);
                }
```

```
            }

            if( 'Q' == toupper(key) )
            {
                mask = 1 << (AXIS-1);
                GT_Stop(mask,0);
                exit(0);
            }
        }

        printf("%2d %10.0lf %10.2lf %10.1lf\r",tableId,t,prfVel,prfPos);
    }

    return 0;
}
```

5.7.3.3 Percent 描述方式

X 轴往复运动，Y 轴正向进给。X 轴加减速时 Y 轴开始进给，X 轴匀速运动时，Y 轴保持静止。

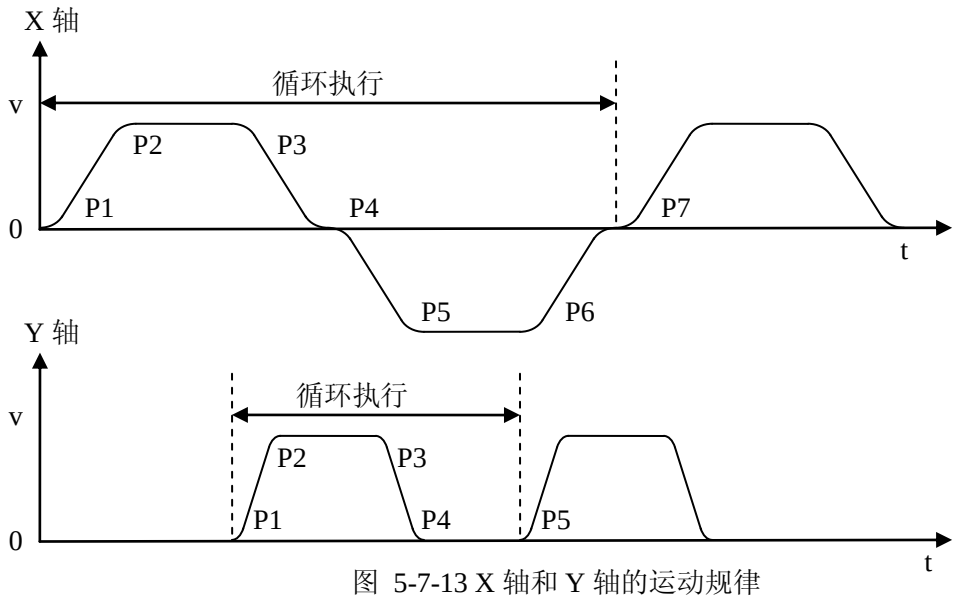


图 5-7-13 X 轴和 Y 轴的运动规律

X 轴取 7 个数据点，设置为循环模式。数据点参数如下：

数据点	时间（毫秒）	位置（脉冲）	百分比	速度（脉冲/毫秒）
P1	0	0	60	0
P2	1,000	5,000	0	不指定
P3	2,000	15,000	60	不指定
P4	3,000	20,000	60	不指定
P5	4,000	15,000	0	不指定

P6	5,000	5,000	60	不指定
P7	6,000	0	0	不指定

根据 X 轴数据点参数，可以计算出各数据点的速度，百分比参数对数据点的速度计算没有影响。

数据点	时间(毫秒)	位置(脉冲)	速度（脉冲/毫秒）
P1	0	0	0
P2	1,000	5,000	2(5000-0)/(1000-0)-0=10
P3	2,000	15,000	2(15000-5000)/(2000-1000)-10=10
P4	3,000	20,000	2(20000-15000)/(3000-2000)-10=0
P5	4,000	15,000	2(15000-20000)/(4000-3000)-0=-10
P6	5,000	5,000	2(5000-15000)/(5000-4000)-(-10)=-10
P7	6,000	0	2(0-5000)/(6000-5000)-(-10)=0

Y 轴取 5 个数据点，设置为循环模式。X 轴启动以后到达数据点 P3 时 Y 轴才启动，因此第 1 个数据点的时间设置为 2000 毫秒。当 Y 轴到达 P5 以后，返回到 P1 循环执行。数据点参数如下：

数据点	时间（毫秒）	位置（脉冲）	百分比	速度（脉冲/毫秒）
P1	2,000	0	60	0
P2	2,500	2,500	0	不指定
P3	3,500	12,500	60	不指定
P4	4,000	15,000	0	不指定
P5	5,000	15,000	0	不指定

根据 Y 轴数据点参数，可以计算出各数据点的速度，百分比参数对数据点的速度计算没有影响。

数据点	时间(毫秒)	位置(脉冲)	速度（脉冲/毫秒）
P1	2,000	0	0
P2	2,500	2,500	2(2500-0)/(2500-2000)-0=10
P3	3,500	12,500	2(12500-2500)/(3500-2500)-10=10
P4	4,000	15,000	2(15000-12500)/(4000-3500)-10=0
P5	5,000	15,000	2(15000-15000)/(5000-4000)-0=0

X 轴循环 n 次，Y 轴需要循环 2n-1 次。下图是当 X 轴的循环次数为 2，Y 轴循环次数为 3 时的 XY 位置图。横轴是 X 轴的位置，纵轴是 Y 轴的位置。黄线是实际的运动轨迹。

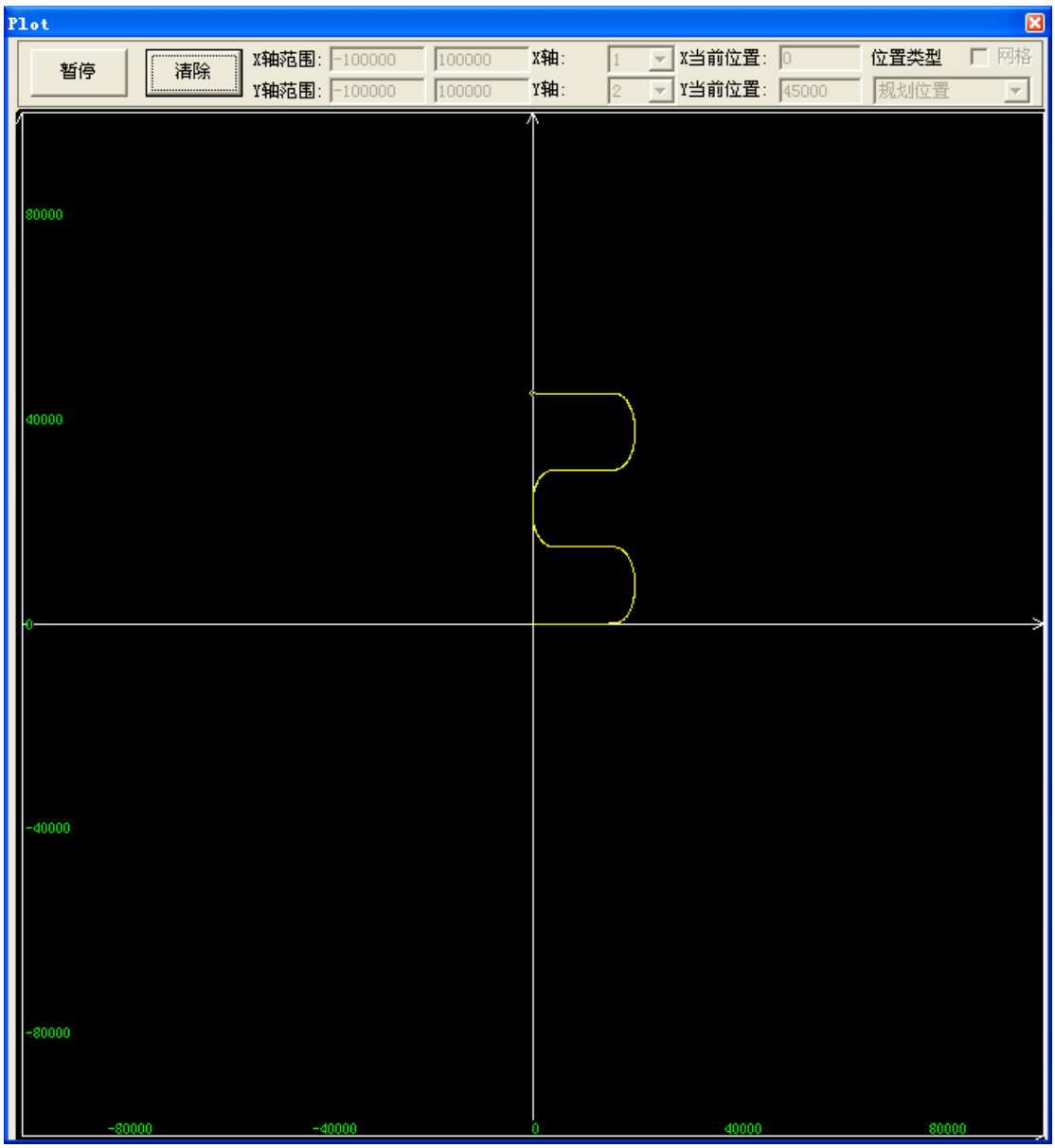


图 5-7-14 X-Y 位置图

```
#include "stdafx.h"
#include "conio.h"
#include "windows.h"
#include "gts.h"

#define AXIS_X          1
#define AXIS_Y          2
#define TABLE_X         1
#define TABLE_Y         2
#define LOOP_COUNT 2

int main(int argc, char* argv[])
{
```

```
short rtn;
long mask;

// X 轴的数据点参数
double time_x[7] = {0,1000,2000,3000,4000,5000,6000};
double pos_x[7] = {0,5000,15000,20000,15000,5000,0};
double percent_x[7] = {60,0,60,60,0,60,0};

// Y 轴的数据点参数
double time_y[5] = {2000,2500,3500,4000,5000};
double pos_y[5] = {0,2500,12500,15000,15000};
double percent_y[5] = {60,0,60,0,0};

double prfVel[2],prfPos[2],time[2];
short tableId[2];

// 打开运动控制器
rtn = GT_Open();
printf("GT_Open=%d\n",rtn);

// 复位运动控制器
rtn = GT_Reset();
printf("GT_Reset=%d\n",rtn);

// 配置运动控制器
// 注意：配置文件取消了各轴的报警和限位
rtn = GT_LoadConfig("test.cfg");
printf("GT_LoadConfig=%d\n",rtn);

// 清除各轴报警和限位
rtn = GT_ClrSts(1,8);
printf("GT_ClrSts=%d\n",rtn);

rtn = GT_AxisOn(AXIS_X);
printf("GT_AxisOn=%d\n",rtn);

rtn = GT_AxisOn(AXIS_Y);
printf("GT_AxisOn=%d\n",rtn);

// 等待伺服使能就绪
Sleep(1000);

// 将 X 轴设置为 PVT 模式
rtn = GT_PrfPvt(AXIS_X);
```

```
printf("GT_PrfPvt=%d\n",rtn);

// 将 Y 轴设置为 PVT 模式
rtn = GT_PrfPvt(AXIS_Y);
printf("GT_PrfPvt=%d\n",rtn);

// 向 X 轴的数据表发送数据
rtn = GT_PvtTablePercent(TABLE_X,7,&time_x[0],&pos_x[0],&percent_x[0],0);
printf("GT_PvtTablePercent=%d\n",rtn);

// 向 Y 轴的数据表发送数据
rtn = GT_PvtTablePercent(TABLE_Y,5,&time_y[0],&pos_y[0],&percent_y[0],0);
printf("GT_PvtTablePercent=%d\n",rtn);

// X 轴选择数据表 TABLE_X
rtn = GT_PvtTableSelect(AXIS_X,TABLE_X);
printf("GT_PvtTableSelect=%d\n",rtn);

// Y 轴选择数据表 TABLE_Y
rtn = GT_PvtTableSelect(AXIS_Y,TABLE_Y);
printf("GT_PvtTableSelect=%d\n",rtn);

// 设置循环次数
rtn = GT_SetPvtLoop(AXIS_X,LOOP_COUNT);
printf("GT_SetPvtLoop=%d\n",rtn);

// 设置循环次数
rtn = GT_SetPvtLoop(AXIS_Y,2*LOOP_COUNT-1);
printf("GT_SetPvtLoop=%d\n",rtn);

// 同时启动 X 轴和 Y 轴
// 由于 Y 轴的第 1 个数据点时间为 2000ms
// 因此 X 轴启动 2000ms 以后，Y 轴才开始运动
mask = 1<<(AXIS_X-1);
mask |= 1<<(AXIS_Y-1);
rtn = GT_PvtStart(mask);
printf("GT_PvtStart=%d\n",rtn);

while(!kbhit())
{
    // 读取数据表和运动时间
    rtn = GT_PvtStatus(AXIS_X,&tableId[0],&time[0]);
    rtn = GT_PvtStatus(AXIS_Y,&tableId[1],&time[1]);
```

```
        // 读取规划速度
        rtn = GT_GetPrfVel(AXIS_X,&prfVel[0]);
        rtn = GT_GetPrfVel(AXIS_Y,&prfVel[1]);

        // 读取规划位置
        rtn = GT_GetPrfPos(AXIS_X,&prfPos[0]);
        rtn = GT_GetPrfPos(AXIS_Y,&prfPos[1]);

        printf("x:%2d %10.0lf %10.2lf %10.1lf y:%2d %10.0lf %10.2lf %10.1lf\r",
            tableId[0],time[0],prfVel[0],prfPos[0],tableId[1],time[1],prfVel[1],prfPos[1]);
    }


    return 0;
}
```

5.7.3.4 Continuous 描述方式

X 轴从 A 点运动到 B 点，Y 轴从 C 点运动到 D 点。要求 X 轴到达 B 点时，Y 轴同时到达 D 点。

首先调用 GT_PvtContinuousCalculate 指令计算 X 轴的运动时间 t_x 和 Y 轴的运动时间 t_y。该指令不会把数据点发送到运动控制器。如果 $t_x>t_y$，Y 轴延时 t_x-t_y 启动；如果 $t_x<t_y$，X 轴延时 t_y-t_x 启动。

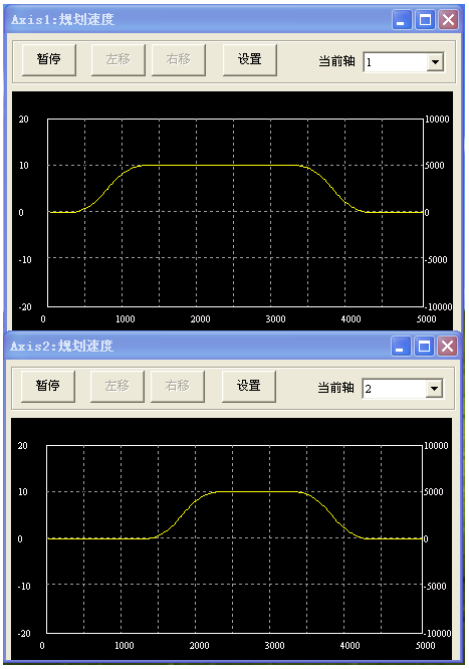


图 5-7-15 X 轴和 Y 轴的速度曲线

```
#include "stdafx.h"
#include "conio.h"
#include "windows.h"
#include "gts.h"

#define AXIS_X          1
#define AXIS_Y          2
#define TABLE_X         1
#define TABLE_Y         2

int main(int argc, char* argv[])
{
    short rtn;
    long mask;

    // X 轴的数据点参数
    double pos_x[2] = {0,30000};
    double vel_x[2] = {0,0};
    double percent_x[2] = {100,100};
    double velMax_x[2] = {10,10};
    double acc_x[2] = {0.01,0.01};
    double dec_x[2] = {0.01,0.01};
    double time_x[2];
    double timeBegin_x;

    // Y 轴的数据点参数
    double pos_y[2] = {0,20000};
    double vel_y[2] = {0,0};
    double percent_y[2] = {100,100};
    double velMax_y[2] = {10,10};
    double acc_y[2] = {0.01,0.01};
    double dec_y[2] = {0.01,0.01};
    double time_y[2];
    double timeBegin_y;

    double prfVel[2],prfPos[2],time[2];
    short tableId[2];

    // 打开运动控制器
    rtn = GT_Open(1,3);
    printf("GT_Open=%d\n",rtn);

    // 复位运动控制器
    rtn = GT_Reset();
```

```
    printf("GT_Reset=%d\n",rtn);

    // 配置运动控制器
    // 注意：配置文件取消了各轴的报警和限位
    rtn = GT_LoadConfig("test.cfg");
    printf("GT_LoadConfig=%d\n",rtn);

    // 清除各轴报警和限位
    rtn = GT_ClrSts(1,8);
    printf("GT_ClrSts=%d\n",rtn);

    rtn = GT_AxisOn(AXIS_X);
    printf("GT_AxisOn=%d\n",rtn);

    rtn = GT_AxisOn(AXIS_Y);
    printf("GT_AxisOn=%d\n",rtn);

    // 等待伺服使能就绪
    Sleep(1000);

    // 将 X 轴设置为 PVT 模式
    rtn = GT_PrfPvt(AXIS_X);
    printf("GT_PrfPvt=%d\n",rtn);

    // 将 Y 轴设置为 PVT 模式
    rtn = GT_PrfPvt(AXIS_Y);
    printf("GT_PrfPvt=%d\n",rtn);

    // 计算 X 轴运动时间
    rtn = GT_PvtContinuousCalculate(2,&pos_x[0],&vel_x[0],&percent_x[0],&velMax_x[0],
&acc_x[0], &dec_x[0], &time_x[0]);
    printf("GT_PvtContinuousCalculate=%d\n",rtn);

    // 计算 Y 轴运动时间
    rtn = GT_PvtContinuousCalculate(2,&pos_y[0],&vel_y[0],&percent_y[0],&velMax_y[0],
&acc_y[0], &dec_y[0],&time_y[0]);
    printf("GT_PvtContinuousCalculate=%d\n",rtn);

    // 计算启动延时
    if( time_x[1] < time_y[1] )
    {
        timeBegin_x = time_y[1] - time_x[1];
        timeBegin_y = 0;
    }
```

```
    else
    {
        timeBegin_x = 0;
        timeBegin_y = time_x[1] - time_y[1];
    }

    // 发送 X 轴数据点
    rtn = GT_PvtTableContinuous(TABLE_X,2,&pos_x[0],&vel_x[0],&percent_x[0],
&velMax_x[0], &acc_x[0],&dec_x[0],timeBegin_x);
    printf("GT_PvtTableContinuous=%d\n",rtn);

    // 发送 Y 轴数据点
    rtn = GT_PvtTableContinuous(TABLE_Y,2,&pos_y[0],&vel_y[0],&percent_y[0],
&velMax_y[0], &acc_y[0],&dec_y[0],timeBegin_y);
    printf("GT_PvtTableContinuous=%d\n",rtn);

    // X 轴选择数据表 TABLE_X
    rtn = GT_PvtTableSelect(AXIS_X,TABLE_X);
    printf("GT_PvtTableSelect=%d\n",rtn);

    // Y 轴选择数据表 TABLE_Y
    rtn = GT_PvtTableSelect(AXIS_Y,TABLE_Y);
    printf("GT_PvtTableSelect=%d\n",rtn);

    // 同时启动 X 轴和 Y 轴
    // 由于 Y 轴的第 1 个数据点时间为 2000ms
    // 因此 X 轴启动 2000ms 以后，Y 轴才开始运动
    mask = 1<<(AXIS_X-1);
    mask |= 1<<(AXIS_Y-1);
    rtn = GT_PvtStart(mask);
    printf("GT_PvtStart=%d\n",rtn);

    while(!kbhit())
    {
        // 读取数据表和运动时间
        rtn = GT_PvtStatus(AXIS_X,&tableId[0],&time[0]);
        rtn = GT_PvtStatus(AXIS_Y,&tableId[1],&time[1]);

        // 读取规划速度
        rtn = GT_GetPrfVel(AXIS_X,&prfVel[0]);
        rtn = GT_GetPrfVel(AXIS_Y,&prfVel[1]);

        // 读取规划位置
        rtn = GT_GetPrfPos(AXIS_X,&prfPos[0]);
```

```
        rtn = GT_GetPrfPos(AXIS_Y,&prfPos[1]);

        printf("x:%2d %10.0lf %10.2lf %10.1lf y:%2d %10.0lf %10.2lf %10.1lf\r",
            tableId[0],time[0],prfVel[0],prfPos[0],tableId[1],time[1],prfVel[1],prfPos[1]);
    }

    return 0;
}
```

第六章 访问硬件资源

6.1 访问数字 IO

6.1.1 指令列表

访问数字 IO 指令列表

指令	说明
GT_GetDi	读取数字 IO 输入状态
GT_GetDiRaw	读取数字 IO 输入状态的原始值
GT_GetDiReverseCount	读取数字量输入信号的变化次数
GT_SetDiReverseCount	设置数字量输入信号的变化次数的初值
GT_SetDo	设置数字 IO 输出状态
GT_SetDoBit	按位设置数字 IO 输出状态
GT_SetDoBitReverse	使数字量输出信号输出定时脉冲信号
GT_GetDo	读取数字 IO 输出状态

访问数字 IO 指令参数说明

GT_GetDi(short diType,long *pValue)	
diType	指定数字 IO 类型 MC_LIMIT_POSITIVE(该宏定义为 0) 正限位 MC_LIMIT_NEGATIVE(该宏定义为 1) 负限位 MC_ALARM(该宏定义为 2) 驱动报警 MC_HOME(该宏定义为 3) 原点开关 MC_GPI(该宏定义为 4) 通用输入 MC_ARRIVE(该宏定义为 5) 电机到位信号(仅适用于 GTS-400-PX 控制器)
pValue	数字 IO 输入状态，按位指示 IO 输入电平(根据配置工具 di 的 reverse 值不同而不同) 当 reverse=0 时，1 表示高电平，0 表示低电平 当 reverse=1 时，1 表示低电平，0 表示高电平
GT_GetDiRaw(short diType,long *pValue)	
diType	指定数字 IO 类型 MC_LIMIT_POSITIVE(该宏定义为 0) 正限位 MC_LIMIT_NEGATIVE(该宏定义为 1) 负限位 MC_ALARM(该宏定义为 2) 驱动报警 MC_HOME(该宏定义为 3) 原点开关 MC_GPI(该宏定义为 4) 通用输入 MC_ARRIVE(该宏定义为 5) 电机到位信号(仅适用于

	GTS-400-PX 控制器)
pValue	数字 IO 输入状态的原始值，按位指示 IO 输入电平 1 表示高电平，0 表示低电平
GT_GetDiReverseCount(short diType,short diIndex,unsigned long *pReverseCount,short count)	
diType	指定数字 IO 类型 MC_LIMIT_POSITIVE(该宏定义为 0) 正限位 MC_LIMIT_NEGATIVE(该宏定义为 1) 负限位 MC_ALARM(该宏定义为 2) 驱动报警 MC_HOME(该宏定义为 3) 原点开关 MC_GPI(该宏定义为 4) 通用输入 MC_ARRIVE(该宏定义为 5) 电机到位信号(仅适用于 GTS-400-PX 控制器)
diIndex	数字量输入的索引 取值范围： diType= MC_LIMIT_POSITIVE 时：[1,8] diType= MC_LIMIT_NEGATIVE 时：[1,8] diType= MC_ALARM 时：[1,8] diType= MC_HOME 时：[1,8] diType= MC_GPI 时：[1,16] diType= MC_ARRIVE 时：[1,8]
pReverseCount	读取的数字量输入的变化次数
count	读取变化次数的数字量输入的个数，默认为 1 1 次最多可以读取 4 个数字量输入的变化次数。
GT_SetDiReverseCount(short diType,short diIndex,unsigned long *pReverseCount,short count)	
diType	指定数字 IO 类型 MC_LIMIT_POSITIVE(该宏定义为 0) 正限位 MC_LIMIT_NEGATIVE(该宏定义为 1) 负限位 MC_ALARM(该宏定义为 2) 驱动报警 MC_HOME(该宏定义为 3) 原点开关 MC_GPI(该宏定义为 4) 通用输入 MC_ARRIVE(该宏定义为 5) 电机到位信号(仅适用于 GTS-400-PX 控制器)
diIndex	数字量输入的索引 取值范围： diType= MC_LIMIT_POSITIVE 时：[1,8] diType= MC_LIMIT_NEGATIVE 时：[1,8] diType= MC_ALARM 时：[1,8] diType= MC_HOME 时：[1,8] diType= MC_GPI 时：[1,16] diType= MC_ARRIVE 时：[1,8]
pReverseCount	设置的数字量输入的变化次数的初值
count	设置变化次数初值的数字量输入的个数，默认为 1 1 次最多可以设置 4 个数字量输入的变化次数的初值。
GT_SetDo(short doType,long value)	

doType	指定数字 IO 类型 MC_ENABLE(该宏定义为 10) 驱动器使能 MC_CLEAR(该宏定义为 11) 报警清除 MC_GPO(该宏定义为 12) 通用输出
value	按位指示数字 IO 输出电平 默认情况下，1 表示高电平，0 表示低电平
GT_SetDoBit(short doType,short doIndex,short value)	
doType	指定数字 IO 类型 MC_ENABLE(该宏定义为 10) 驱动器使能 MC_CLEAR(该宏定义为 11) 报警清除 MC_GPO(该宏定义为 12) 通用输出
doIndex	输出 IO 的索引 取值范围： doType=MC_ENABLE 时：[1,8] doType=MC_CLEAR 时：[1,8] doType=MC_GPO 时：[1,16]
value	设置数字 IO 输出电平 默认情况下，1 表示高电平，0 表示低电平
GT_SetDoBitReverse(short doType,short doIndex,short value,short reverseTime)	
doType	指定数字 IO 类型 MC_ENABLE(该宏定义为 10) 驱动器使能 MC_CLEAR(该宏定义为 11) 报警清除 MC_GPO(该宏定义为 12) 通用输出
doIndex	输出 IO 的索引 取值范围： doType=MC_ENABLE 时：[1,8] doType=MC_CLEAR 时：[1,8] doType=MC_GPO 时：[1,16]
value	设置数字 IO 输出电平 默认情况下，1 表示高电平，0 表示低电平
reverseTime	维持 value 所设置电平的时间，取值范围：[0,32767]，单位：250μ s
GT_GetDo(short doType,long *pValue)	
doType	指定数字 IO 类型 MC_ENABLE(该宏定义为 10) 驱动器使能 MC_CLEAR(该宏定义为 11) 报警清除 MC_GPO(该宏定义为 12) 通用输出
pValue	数字 IO 输出状态，按位指示 IO 输出电平 默认情况下，1 表示高电平，0 表示低电平

6.1.2 重点说明

GT_GetDi 指令可以读取限位、驱动报警、原点、通用输入的输入电平状态。

GT_SetDo 指令可以设置驱动器使能、报警清除、通用输出的输出电平状态。默认情况

下由于驱动器使能和轴的关联，不能直接设置驱动器使能的输出电平状态。关于如何设置或取消 do 和轴的关联，请参见“第三章 系统配置”。

GT_GetDiReverseCount()指令用来读取数字量输入的变化次数，当数字量输入由 0 变为 1，或者由 1 变为 0，该次数就会增加一次。GT_SetDiReverseCount()指令用来设置数字量变化次数计数器的初值。

GT_SetDoBitReverse()指令用来使数字量输出信号输出一个定时的脉冲，例如，假设当前通用数字量输出信号 1 是高电平，当调用指令 GT_SetDoBitReverse(MC_GPO,1,0,100)；则该数字量信号将会发出一个 25ms 时间宽度的负脉冲。

6.1.3 例程

```
#include "gts.h"

int main(int argc, char* argv[])
{
    short rtn;
    long alarm,home,gpi,limitPositive,limitNegative;
    rtn = GT_Open();
    printf("GT_Open() = %d\n",rtn);
    printf("alarm limit+ limit- home gpi\n");
    while(1)
    {
        // 读取驱动器报警电平
        GT_GetDi(MC_ALARM,&alarm);
        // 读取正限位开关电平
        GT_GetDi(MC_LIMIT_POSITIVE,&limitPositive);
        // 读取负限位开关电平
        GT_GetDi(MC_LIMIT_NEGATIVE,&limitNegative);
        // 读取原点开关电平
        GT_GetDi(MC_HOME,&home);
        // 读取通用输入电平
        GT_GetDi(MC_GPI,&gpi);
        printf("%-6lx%-7lx%-7lx%-5lx%-5lx\r",alarm,limitPositive,limitNegative,
home, gpi);
    }
}
```

6.2 访问编码器

6.2.1 指令列表

访问编码器指令列表

指令	说明
GT_GetEncPos	读取编码器位置
GT_GetEncVel	读取编码器速度
GT_SetEncPos	修改编码器位置

访问编码器指令参数说明

GT_GetEncPos(short encoder,double *pValue,short count,unsigned long *pClock)	
encoder	编码器起始轴号
pValue	编码器位置
count	读取的轴数，默认为 1 1 次最多可以读取 8 个编码器轴
pClock	读取控制器时钟
GT_GetEncVel(short encoder,double *pValue,short count,unsigned long *pClock)	
encoder	编码器起始轴号
pValue	编码器速度
count	读取的轴数，默认为 1 1 次最多可以读取 8 个编码器轴
pClock	读取控制器时钟
GT_SetEncPos(short encoder,long encPos)	
encoder	编码器轴号
encPos	编码器位置

6.2.2 例程

```
#include "gts.h"

int main(int argc, char* argv[])
{
    short rtn,i;
    double enc[8];

    rtn = GT_Open();
    printf("GT_Open() = %d\n",rtn);
    while(1)
    {
        // 读取 8 个编码器轴的位置
```

```
            GT_GetEncPos(1,&enc[0],8);
            for(i=0;i<8;++i)
            {
                printf("%10.0lf",enc[i]);
            }
            printf("\r");
        }
}
```

6.3 访问 DAC

6.3.1 指令列表

访问 DAC 指令列表

指令	说明
GT_SetDac	设置 dac 输出电压
GT_GetDac	读取 dac 输出电压

访问 DAC 指令参数说明

GT_SetDac(short dac,short *pValue,short count)	
dac	dac 起始轴号
pValue	输出电压 -32768 对应-10V；32767 对应+10V
count	设置的通道数，默认为 1 1 次最多可以设置 8 路 dac 输出
GT_GetDac(short dac,short *pValue,short count,unsigned long *pClock)	
dac	dac 起始轴号
pValue	输出电压
count	读取的通道数，默认为 1 1 次最多可以读取 8 个 dac 轴
pClock	读取控制器时钟

6.4 访问模拟量输入(仅适用于 GTS-400-PX)

6.4.1 指令列表

访问模拟量输入指令列表

指令	说明
GT_GetAdc	读取模拟量输入的电压值
GT_GetAdcValue	读取模拟量输入的数字转换值

访问模拟量输入指令参数说明

GT_GetAdc(short adc,double *pValue,short count=1,unsigned long *pClock=NULL)	
adc	adc 起始通道号
pValue	读取的输入电压值，单位：伏特
count	读取的通道数，默认为 1 1 次最多可以读取 8 路 adc 输入电压值
pClock	读取控制器时钟，默认为：NULL，即不用读取控制器时钟
GT_GetAdcValue(short adc,short *pValue,short count=1,unsigned long *pClock=NULL)	
adc	adc 起始通道号
pValue	读取的输入电压值，单位：bit，范围：[-32768,32767]对应的电压值为[-12.5,12.5]伏特
count	读取的通道数，默认为 1 1 次最多可以读取 8 路 adc 输入电压值
pClock	读取控制器时钟，默认为：NULL，即不用读取控制器时钟

第七章 高速硬件捕获

7.1 Home/Index 硬件捕获

7.1.1 指令列表

Home/Index 硬件捕获指令列表

指令	说明
GT_SetCaptureMode	设置编码器捕获方式，并启动捕获
GT_GetCaptureMode	读取编码器捕获方式
GT_GetCaptureStatus	读取编码器捕获状态
GT_SetCaptureSense	设置捕获电平
GT_ClearCaptureStatus	清除捕获状态

Home/Index 硬件捕获指令参数说明

GT_SetCaptureMode(short encoder,short mode)	
encoder	编码器轴号
mode	编码器捕获模式 CAPTURE_HOME Home 捕获 CAPTURE_INDEX Index 捕获 CAPTURE_PROBE 探针捕获
GT_GetCaptureMode(short encoder,short *pMode,short count)	
encoder	编码器起始轴号
pMode	编码器捕获模式
count	读取的轴数，默认为 1 1 次最多可以读取 8 个编码器轴
GT_GetCaptureStatus(short encoder,short *pStatus,long *pValue,short count, unsigned long *pClock)	
encoder	编码器起始轴号
pStatus	读取编码器捕获状态 为 1 时表示对应轴捕获触发
pValue	读取编码器捕获值 当捕获触发时，编码器捕获值会自动更新
count	读取的轴数，默认为 1 1 次最多可以读取 8 个编码器轴
pClock	读取控制器时钟
GT_SetCaptureSense(short encoder,short mode,short sense)	
encoder	编码器轴号
mode	捕获模式

	CAPTURE_HOME Home 捕获 CAPTURE_INDEX Index 捕获 CAPTURE_PROBE 探针捕获
sense	捕获电平，可设置 0 或者 1 0：下降沿触发 1：上升沿触发
GT_ClearCaptureStatus(short encoder)	
encoder	需要被清除捕获状态的编码器轴号

7.1.2 重点说明

Home 捕获和 Index 捕获默认都是下降沿触发。

Home 捕获模式下，当出现 Home 下降沿时，FPGA 立刻锁存 Home 开关所对应的编码器位置，同时将该编码器轴的捕获状态标志位置 1，然后退出 Home 捕获模式。

Index 捕获模式下，当出现 Index（编码器 C 相）下降沿时，FPGA 立刻锁存该编码器位置，同时将该编码器轴的捕获触发标志位置 1，然后退出 Index 捕获模式。

当 Home 或 Index 捕获触发以后，重新启动 Home 或 Index 捕获时，会自动清除对应轴的捕获触发标志位。

7.1.3 例程

```
#include "gts.h"

#define ENCODER             1

void CaptureIndex(void)
{
    short rtn,status;
    long pos;
    double encPos;

    // 启动 Index 捕获
    rtn = GT_SetCaptureMode(ENCODER,CAPTURE_INDEX);
    printf("\nGT_SetCaptureMode() = %d\n",rtn);

    do
    {
        // 查询捕获状态
        GT_GetCaptureStatus(ENCODER,&status,&pos);

        // 读取编码器位置
```

```
        // 该指令和捕获无关，仅用于显示编码器位置
        GT_GetEncPos(ENCODER,&encPos);
        // 显示捕获状态和编码器位置
        printf("status = %d enc = %-8.0lf\r",status,encPos);
        // 当指定轴捕获触发时退出循环
    }while( 0 == status );

    // 显示捕获位置
    printf("\ncapture = %-8.0ld\n",pos);

}

void CaptureHome(void)
{
    short rtn,status;
    long pos;
    double encPos;

    // 启动 Home 捕获
    rtn = GT_SetCaptureMode(ENCODER,CAPTURE_HOME);
    printf("\nGT_SetCaptureMode() = %d\n",rtn);

    do
    {
        // 查询捕获状态
        GT_GetCaptureStatus(ENCODER,&status,&pos);

        // 读取编码器位置
        // 该指令和捕获无关，仅用于显示编码器位置
        GT_GetEncPos(ENCODER,&encPos);
        // 显示捕获状态和编码器位置
        printf("status = %d enc = %-8.0lf\r",status,encPos);
        // 当指定轴捕获触发时退出循环
    }while( 0 == status );

    // 显示捕获位置
    printf("\ncapture = %-8.0ld\n",pos);
}

int main(int argc, char* argv[])
{
    char ch;
    short rtn;
```

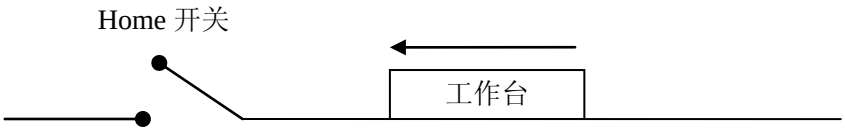
```
    rtn = GT_Open();
    printf("GT_Open() = %d\n",rtn);

    while(1)
    {
        // 选择捕获模式，H：Home 捕获，I：Index 捕获，Q：退出程序
        printf("\n[H:Home|I:Index|Q:Quit]:");
        ch=toupper(getche());
        switch(ch)
        {
        case 'H': CaptureHome();break;
        case 'I': CaptureIndex(); break;
        case 'Q': return 0;
        }
    }
}
```

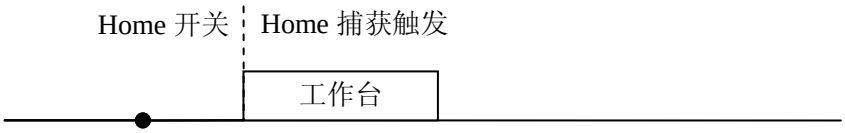
7.2 Home 回原点

7.2.1 重点说明

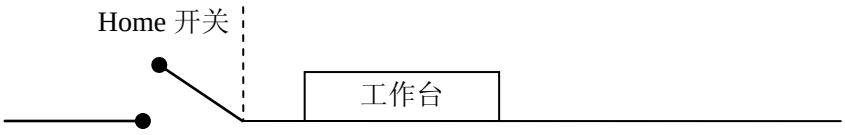
1. 工作台向原点（Home）开关方向运动，启动 Home 捕获。



2. 当 Home 信号产生时，读取 Home 信号触发时工作台的实际位置，并将目标位置修改为“Home 捕获位置+偏移量”。



3. 等工作台停稳以后，调用 GT_ZeroPos 设置机械原点。



7.2.2 例程

```
#include "stdafx.h"
#include "windows.h"
#include "conio.h"
#include "gts.h"

#define AXIS            1

#define SEARCH_HOME         -200000
#define HOME_OFFSET         -2000

int main(int argc, char* argv[])
{
    short rtn, capture;
    TTrapPrm trapPrm;
    long status,pos;
    double prfPos,encPos,axisPrfPos,axisEncPos;
    // 打开运动控制器
    rtn = GT_Open();
    printf("GT_Open()=%d\n",rtn);
    // 复位运动控制器
    rtn = GT_Reset();
    printf("GT_Reset()=%d\n",rtn);
    // 配置运动控制器
    // 注意：配置文件 test.cfg 取消了各轴的报警和限位
    rtn = GT_LoadConfig("test.cfg");
    printf("GT_LoadConfig()=%d\n",rtn);
    // 清除指定轴的报警和限位
    rtn = GT_ClrSts(AXIS);
    printf("GT_ClrSts()=%d\n",rtn);
    // 驱动器使能
    rtn = GT_AxisOn(AXIS);
    printf("GT_AxisOn()=%d\n",rtn);
    // 启动 Home 捕获
    rtn = GT_SetCaptureMode(AXIS,CAPTURE_HOME);
    printf("GT_SetCaptureMode()=%d\n",rtn);
    // 切换到点位运动模式
    rtn = GT_PrfTrap(AXIS);
    printf("GT_PrfTrap()=%d\n",rtn);
    // 读取点位模式运动参数
    rtn = GT_GetTrapPrm(AXIS,&trapPrm);
    printf("GT_GetTrapPrm()=%d\n",rtn);
    trapPrm.acc = 0.25;
```

```
trapPrm.dec = 0.25;
// 设置点位模式运动参数
rtn = GT_SetTrapPrm(AXIS,&trapPrm);
printf("GT_SetTrapPrm()=%d\n",rtn);
// 设置点位模式目标速度，即回原点速度
rtn = GT_SetVel(AXIS,10);
printf("GT_SetVel()=%d\n",rtn);
// 设置点位模式目标位置，即原点搜索距离
rtn = GT_SetPos(AXIS,SEARCH_HOME);
printf("GT_SetPos()=%d\n",rtn);
// 启动运动
rtn = GT_Update(1<<(AXIS-1));
printf("GT_Update()=%d\n",rtn);

printf("\nWaiting for home signal...\n");

do
{
    // 读取轴状态
    rtn = GT_GetSts(AXIS,&status);
    // 读取捕获状态
    rtn = GT_GetCaptureStatus(AXIS,&capture,&pos);
    // 读取规划位置
    rtn = GT_GetPrfPos(AXIS,&prfPos);
    // 读取编码器位置
    rtn = GT_GetEncPos(AXIS,&encPos);

    printf("capture=%d prfPos=%lf encPos=%lf\r", capture, prfPos, encPos);
    // 如果运动停止，返回出错信息
    if( 0 == ( status & 0x400 ) )
    {
        printf("\nno home found\n");
        getch();
        return 1;
    }
// 等待捕获触发
}while( 0 == capture );
// 显示捕获位置
printf("\ncapture pos = %ld\n",pos);
// 运动到“捕获位置+偏移量”
rtn = GT_SetPos(AXIS, pos + HOME_OFFSET);
printf("GT_SetPos()=%d\n",rtn);
// 在运动状态下更新目标位置
rtn = GT_Update(1<<(AXIS-1));
```

```
    printf("GT_Update()=%d\n",rtn);

    do
    {
        // 读取轴状态
        rtn = GT_GetSts(AXIS,&status);
        // 读取规划位置
        rtn = GT_GetPrfPos(AXIS,&prfPos);
        // 读取编码器位置
        rtn = GT_GetEncPos(AXIS,&encPos);

        printf("status=0x%-8lx prfPos=%-10.1lf encPos=%-10.1lf\r",status,prfPos,encPos);
    // 等待运动停止
    }while( status & 0x400 );
    // 检查是否到达“Home 捕获位置+偏移量”
    if( prfPos != pos+HOME_OFFSET )
    {
        printf("\nmove to home pos error\n");
        getch();
        return 2;
    }

    printf("\nHome finish\n");
    // 延时一段时间，等待电机停稳
    Sleep(200);

    printf("\nPress any key to set pos as 0...\n");
    getch();

    // 位置清零
    rtn = GT_ZeroPos(AXIS);
    printf("GT_ZeroPos()=%d\n",rtn);

    // 读取规划位置
    rtn = GT_GetPrfPos(AXIS,&prfPos);
    // 读取编码器位置
    rtn = GT_GetEncPos(AXIS,&encPos);
    // 读取 axis 规划位置
    rtn = GT_GetAxisPrfPos(AXIS,&axisPrfPos);
    // 读取 axis 编码器位置
    rtn = GT_GetAxisEncPos(AXIS,&axisEncPos);
    printf("\nprfPos=%-10.0lf  encPos=%-10.0lf  axisPrfPos=%-10.0lf  axisEncPos=%-10.0lf",
prfPos, encPos, axisPrfPos, axisEncPos);
```

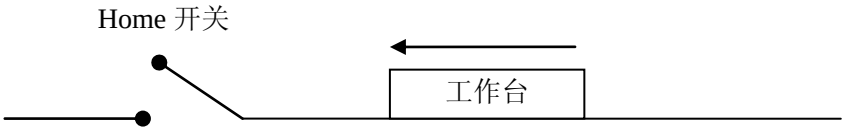
```
    getch();

    return 0;
}
```

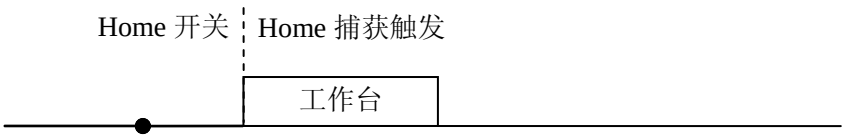
7.3 Home+Index 回原点

7.3.1 重点说明

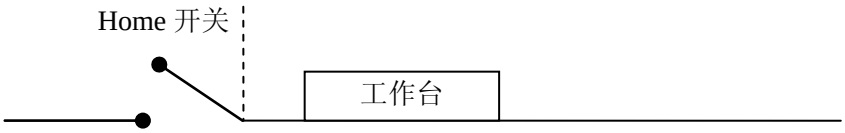
1. 工作台向原点（Home）开关方向运动，启动 Home 捕获。



2. 当 Home 信号产生时，读取 Home 信号触发时工作台的实际位置，并将目标位置修改为“Home 捕获位置+偏移量”。

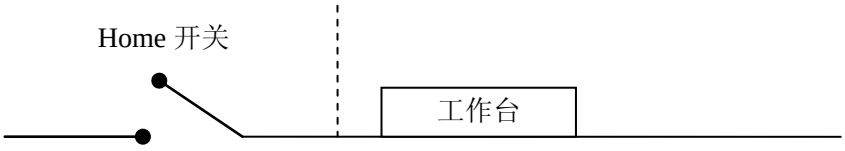


3. 等工作台停稳以后，启动 Index 捕获。



4. 工作台继续运动，寻找 Index 信号。当 Index 信号产生时，读取 Index 信号触发时工作台的实际位置，并将目标位置修改为“Index 捕获位置+偏移量”。

5. 等工作台停稳以后，调用 GT_ZeroPos 设置机械原点。



7.3.2 例程

```
#include "stdafx.h"
#include "conio.h"
#include "windows.h"
#include "gts.h"

#define AXIS                1

#define SEARCH_HOME         -200000
#define HOME_OFFSET             -2000

#define SEARCH_INDEX        15000
#define INDEX_OFFSET        1000

int main(int argc, char* argv[])
{
    short rtn,capture;
    TTrapPrm trapPrm;
    long status, pos;
    double prfPos,encPos,axisPrfPos,axisEncPos;

    rtn = GT_Open();
    printf("GT_Open()=%d\n",rtn);

    rtn = GT_Reset();
    printf("GT_Reset()=%d\n",rtn);

    rtn = GT_LoadConfig("test.cfg");
    printf("GT_LoadConfig()=%d\n",rtn);

    rtn = GT_ClrSts(AXIS);
    printf("GT_ClrSts()=%d\n",rtn);

    rtn = GT_AxisOn(AXIS);
    printf("GT_AxisOn()=%d\n",rtn);

    rtn = GT_SetCaptureMode(AXIS,CAPTURE_HOME);
    printf("GT_SetCaptureMode()=%d\n",rtn);

    rtn = GT_PrfTrap(AXIS);
    printf("GT_PrfTrap()=%d\n",rtn);

    rtn = GT_GetTrapPrm(AXIS,&trapPrm);
```

```
printf("GT_GetTrapPrm()=%d\n",rtn);

trapPrm.acc = 0.25;
trapPrm.dec = 0.25;

rtn = GT_SetTrapPrm(AXIS,&trapPrm);
printf("GT_SetTrapPrm()=%d\n",rtn);

rtn = GT_SetVel(AXIS,10);
printf("GT_SetVel()=%d\n",rtn);

rtn = GT_SetPos(AXIS,SEARCH_HOME);
printf("GT_SetPos()=%d\n",rtn);

rtn = GT_Update(1<<(AXIS-1));
printf("GT_Update()=%d\n",rtn);

printf("\nWaiting for home signal...\n");

do
{
    rtn = GT_GetSts(AXIS,&status);

    rtn = GT_GetCaptureStatus(AXIS,&capture,&pos);

    rtn = GT_GetPrfPos(AXIS,&prfPos);

    rtn = GT_GetEncPos(AXIS,&encPos);

    printf("capture=%d prfPos=%-10.1lf encPos=%-10.1lf\r", capture,prfPos,encPos);

    if( 0 == ( status & 0x400 ) )
    {
        printf("\nno home found");
        return 1;
    }
}while( 0 == capture );

printf("\ncapture pos = %ld\n",pos);

rtn = GT_SetPos(AXIS, pos + HOME_OFFSET);
printf("GT_SetPos()=%d\n",rtn);

rtn = GT_Update(1<<(AXIS-1));
```

```
printf("GT_Update()=%d\n",rtn);

do
{
	rtn = GT_GetSts(AXIS,&status);

	rtn = GT_GetPrfPos(AXIS,&prfPos);

	rtn = GT_GetEncPos(AXIS,&encPos);

	printf("status=0x%-8lx prfPos=%-10.1lf encPos=%-10.1lf\r",status,prfPos,encPos);
}while( status & 0x400 );

if( prfPos != pos + HOME_OFFSET)
{
	printf("\nmove to home pos error");
	return 2;
}

printf("\nHome finish\n");

Sleep(200);

rtn = GT_SetCaptureMode(AXIS,CAPTURE_INDEX);
printf("GT_SetCaptureMode()=%d\n",rtn);

rtn = GT_SetPos(AXIS,(long)(prfPos + SEARCH_INDEX));
printf("GT_SetPos()=%d\n",rtn);

rtn = GT_Update(1<<(AXIS-1));
printf("GT_Update()=%d\n",rtn);

printf("\nWaiting for index signal...\n");

do
{
	rtn = GT_GetSts(AXIS,&status);

	rtn = GT_GetCaptureStatus(AXIS,&capture,&pos);

	rtn = GT_GetPrfPos(AXIS,&prfPos);

	rtn = GT_GetEncPos(AXIS,&encPos);
```

```
        printf("capture=%d prfPos=%-10.1lf encPos=%-10.1lf\r", capture,prfPos,encPos);

        if( 0 == ( status & 0x400 ) )
        {
            printf("\nno home found\n");
            getch();
            return 1;
        }
}while( 0 == capture );

printf("\ncapture pos = %ld\n",pos);

rtn = GT_SetPos(AXIS, pos+ INDEX_OFFSET);
printf("GT_SetPos()=%d\n",rtn);

rtn = GT_Update(1<<(AXIS-1));
printf("GT_Update()=%d\n",rtn);

do
{
        rtn = GT_GetSts(AXIS,&status);

        rtn = GT_GetPrfPos(AXIS,&prfPos);

        rtn = GT_GetEncPos(AXIS,&encPos);

        printf("status=0x%-8lx prfPos=%-10.1lf encPos=%-10.1lf\r",status,prfPos,encPos);
}while( status & 0x400 );

if( prfPos != pos+ INDEX_OFFSET)
{
        printf("\nmove to index pos error\n");
        getch();
        return 2;
}

printf("\nHome+Index finish\n");

printf("\nPress any key to set pos as 0...\n");
getch();

Sleep(200);

rtn = GT_ZeroPos(AXIS);
```

```
    printf("GT_ZeroPos()=%d\n",rtn);

    rtn = GT_GetPrfPos(AXIS,&prfPos);
    rtn = GT_GetEncPos(AXIS,&encPos);
    rtn = GT_GetAxisPrfPos(AXIS,&axisPrfPos);
    rtn = GT_GetAxisEncPos(AXIS,&axisEncPos);
    printf("\nprfPos=%-10.0lf encPos=%-10.0lf axisPrfPos=%-10.0lf axisEncPos=%-10.0lf",
prfPos, encPos,axisPrfPos,axisEncPos);

    getch();

    return 0;
}
```

第八章 安全机制

8.1 限位

运动控制器能够通过安装限位开关或者设置软限位来限制各轴的运动范围，如图所示：

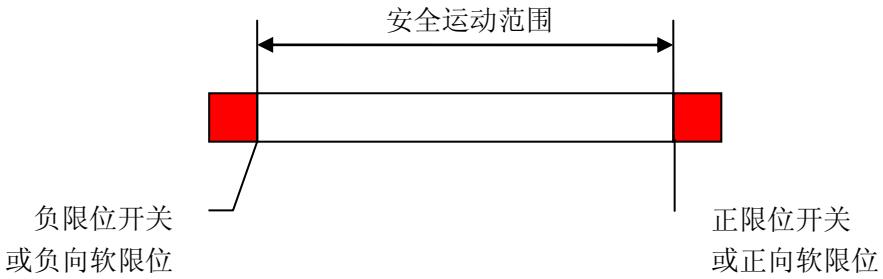


图 8-1-1 轴运动范围

工作台碰到限位开关或者规划位置超越软限位时，运动控制器紧急停止工作台的运动。限位触发以后，运动控制器禁止触发限位方向上运动，同时该轴的限位触发状态置 1。离开限位回到安全运动范围以后，需要调用指令 GT_ClrSts 清除限位触发状态，才能使控制轴回到正常运动状态。

8.1.1 指令列表

软限位指令列表

指令	说明
GT_SetSoftLimit	设置轴正向软限位和负向软限位
GT_GetSoftLimit	读取轴正向软限位和负向软限位

软限位指令参数说明

GT_SetSoftLimit(short axis,long positive,long negative)	
axis	轴号
positive	正向软限位，当规划位置大于该值时，正限位触发 默认值为 0x7fffffff，表示正向软限位无效
negative	负向软限位，当规划位置小于该值时，负限位触发 默认值为 0x80000000，表示负向软限位无效
GT_GetSoftLimit(short axis,long *pPositive,long *pNegative)	
axis	轴号
pPositive	读取正向软限位
pNegative	读取负向软限位

8.1.2 重点说明

应当在回原点以后再设置软限位。正向软限位必须大于负向软限位。软限位和限位开关可以同时使用，当软限位触发时也会置起限位触发标志。

限位触发以后使用急停加速度紧急停止。默认急停加速度为 1 脉冲/毫秒 ^{2}，如何设置急停加速度请参见“3.2 配置 profile”。

8.1.3 例程

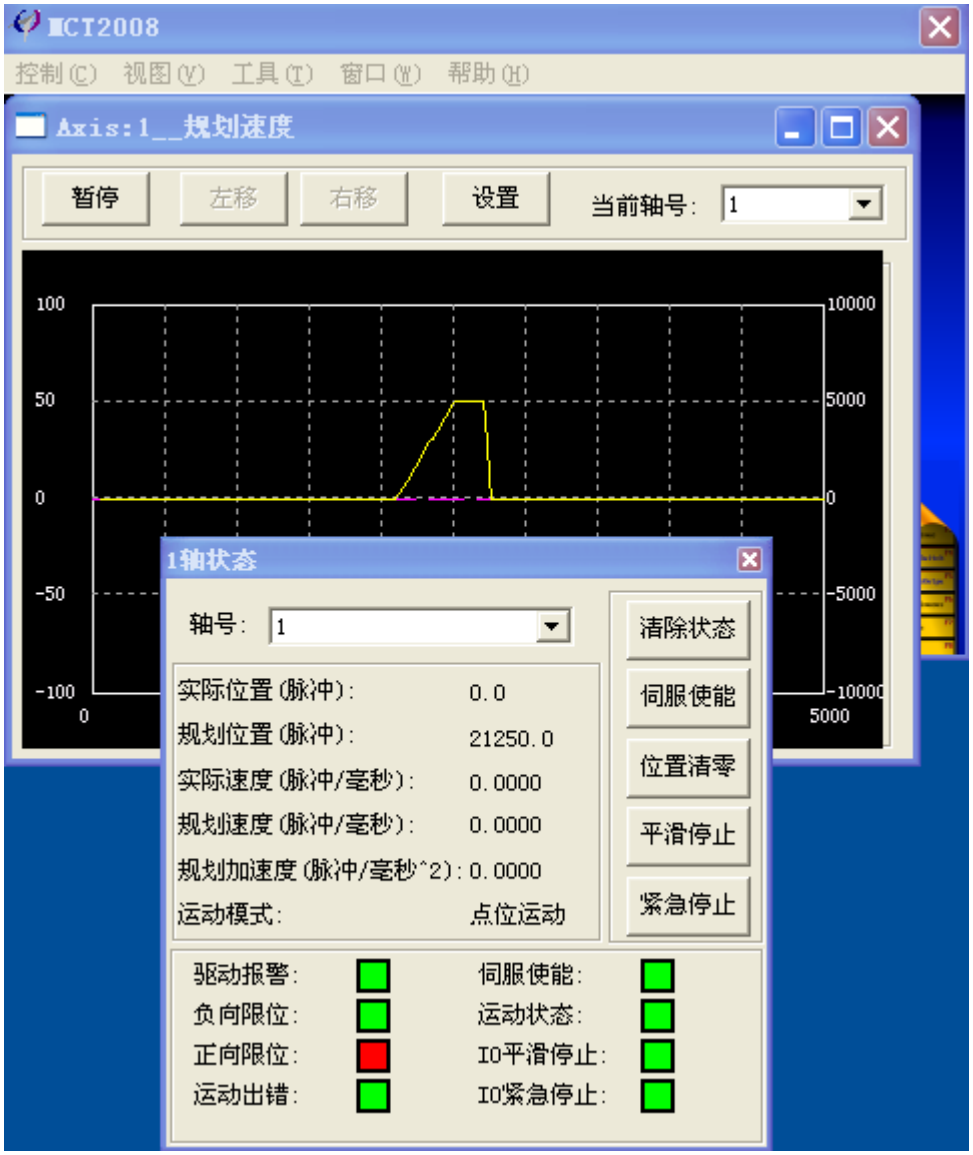


图 8-1-2 软限位触发

```
#include "stdafx.h"
#include "conio.h"
#include "gts.h"
```

```
#define AXIS        1

int main(int argc, char* argv[])
{
    short rtn;
    long sts;
    TTrapPrm trap;
    double prfPos;

    rtn = GT_Open();

    rtn = GT_Reset();

    rtn = GT_LoadConfig("test.cfg");

    rtn = GT_ClrSts(1,8);

    rtn = GT_SetSoftLimit(AXIS,20000,-20000);

    rtn = GT_PrfTrap(AXIS);

    rtn = GT_GetTrapPrm(AXIS,&trap);
    trap.acc = 0.125;
    trap.dec = 0.125;
    rtn = GT_SetTrapPrm(AXIS,&trap);

    rtn = GT_SetVel(AXIS,50);

    rtn = GT_SetPos(AXIS,1000000L);

    rtn = GT_Update(1<<(AXIS-1));

    while(!kbhit())
    {
        rtn = GT_GetSts(AXIS,&sts);
        rtn = GT_GetPrfPos(AXIS,&prfPos);

        printf("sts=0x%-8lx prfPos=%-10.2lf\r",sts,prfPos);
    }

    return 0;
}
```

8.2 报警

运动控制器提供专用的驱动报警信号输入接口。当检测到驱动器报警信号以后，运动控制器将关闭该轴的伺服使能，急停运动规划，同时该轴报警触发标志置 1。

驱动器报警信号产生以后，应当执行以下操作：

1. 确定引起驱动器报警的原因，并加以改正
2. 复位驱动器
3. 调用GT_ClrSts清除报警，重新回机床原点

8.3 平滑停止和急停

运动控制器的每个轴都可以定义平滑停止 IO 和急停 IO。

当平滑停止 IO 输入为触发电平时（触发电平可以设置），运动控制器自动平滑停止所关联的控制轴，并将轴状态字（bit7）置 1。

当急停 IO 输入为触发电平时（触发电平可以设置），运动控制器自动紧急停止所关联的控制轴，并将轴状态字（bit8）置 1。

IO 平滑停止或者 IO 急停完成以后，必须调用 GT_ClrSts 指令清除停止标志位（bit7 和 bit8），才能继续运动。

8.4 跟随误差极限

对于伺服控制系统而言，在某些异常情况下，电机的实际位置可能与规划位置差距很大。这时通常存在一些危险情况，例如电机故障、编码器 A、B 相信号接反或断线、机械摩擦太大或者机械故障造成电机堵转等。为了及时检测这些情况，增强系统的安全性并延长设备使用寿命，运动控制器提供跟随误差超限自动停止的安全保护机制。

运动控制器在每个控制采样周期内都检查控制轴的实际位置与规划位置的误差是否超越所设定的跟随误差极限。如果位置误差超越所设定的跟随误差极限，运动控制器自动紧急停止该轴的运动，同时该轴跟随误差越限标志置 1。

第九章 运动程序

9.1 简介

为了表述方便，直接在 PC 机上调用动态链接库发送指令访问控制器的程序称为“应用程序”，下载到运动控制器上执行的程序称为“运动程序”。

C 语言编写的运动程序编译以后能够下载到运动控制器中执行。运动程序能够脱离主机在运动控制器上独立执行，从而将主机从繁琐的运动逻辑管理中解放出来。一方面主机能够将 CPU 资源分配给其它任务，另一方面运动程序能够直接访问运动控制器，不需要进行频繁通讯，从而具有更高的实时性。

当然，如果需要，主机仍然可以在任何时候向控制器发送指令，即使运动控制器上的运动程序正在执行。注意：当主机指令和运动控制器上的运动程序控制相同的轴时，需要仔细设计运动逻辑，以免造成混乱。

运动控制器允许多达 32 个运动程序在运动控制器上同时执行。

运动控制器内建的线程调度机制保证多线程环境下运动程序所有指令的执行都是完整的。

在多线程环境下，一个线程中连续的 2 条指令在执行时有可能被插入其它线程的指令。当启动多个线程并行执行时，应当仔细考虑线程之间是否会相互影响。

9.2 编写运动程序

9.2.1 指令列表

运动程序指令列表

指令	说明
GT_Download	下载运动程序到运动控制器
GT_GetFunId	读取运动程序中函数的标识
GT_GetVarId	读取运动程序中变量的标识
GT_Bind	绑定线程、函数、数据页
GT_RunThread	启动线程
GT_StopThread	停止正在运行的线程
GT_PauseThread	暂停正在运行的线程
GT_GetThreadSts	读取线程的状态
GT_SetVarValue	设置运动程序中变量的值
GT_GetVarValue	读取运动程序中变量的值

运动程序指令参数说明

GT_Download(char *pFileName)	
pFileName	下载到运动控制器的运动程序文件名
GT_GetFunId(char *pFunName,short *pFunId)	
pFunName	运动程序函数名称
pFunId	根据运动程序函数名称查询函数标识
GT_GetVarId(char *pFunName,char *pVarName,TVarInfo *pVarInfo)	
pFunName	全局变量输入 NULL 局部变量所在函数的名称
pVarName	运动程序变量名称
pVarInfo	根据运动程序函数名称和变量名称查询变量标识
GT_Bind(short thread,short funId,short page)	
thread	线程编号，取值范围[0,31]。
funId	函数标识，可以调用 GT_GetFunId 查询
page	数据页编号，取值范围[0,31]
GT_RunThread(short thread)	
thread	线程编号，取值范围[0,31]
GT_StopThread(short thread)	
thread	线程编号，取值范围[0,31]
GT_PauseThread(short thread)	
thread	线程编号，取值范围[0,31]
GT_GetThreadSts(short thread,TThreadSts *pThreadSts)	
thread	线程编号，取值范围[0,31]

pThreadSts	读取线程状态
	typedef struct ThreadSts
	{
	short run; // 运行状态
	short error; // 指令返回值
	double result; // 函数返回值
	short line; // 当前执行的指令行号
	} TThreadSts;

GT_SetVarValue(short page,TVarInfo *pVarInfo,double *pValue,short count=1)	
page	数据页编号 全局变量为-1 局部变量取值范围[0,31]
pVarInfo	需要访问的变量标识
pValue	需要写入的变量值
count	需要写入的变量值的数量，取值范围[1,8]
GT_GetVarValue(short page,TVarInfo *pVarInfo,double *pValue,short count=1)	
page	数据页编号 全局变量为-1 局部变量取值范围[0,31]
pVarInfo	需要访问的变量标识
pValue	需要读取的变量值

count	需要读取的变量值的数量，取值范围[1,8]

9.2.2 重点说明

编写运动程序的方法如下：

1) 使用文本编辑器编写运动程序的 C 语言源程序。

2) 使用 MCT2008 编译运动程序，生成目标程序文件（*.bin）和符号文件（*.ini）。

3) 调用 GT_Download 指令将运动程序目标程序下载到运动控制器中。

4) 调用 GT_GetFunId 指令获取函数 ID

5) 调用 GT_GetVarId 指令获取变量 ID

6) 调用 GT_Bind 指令绑定线程、函数和数据页。

7) 调用 GT_SetVarValue 指令初始化局部变量和全局变量。

8) 调用 GT_RunThread 指令，启动线程。

9) 调用 GT_GetThreadSts 指令查询线程状态，或者调用 GT_GetVarValue 指令查询变量。

调用 GT_Download 指令可以将运动程序下载到运动控制器的 SDRAM 中。当下载新的运动程序时会覆盖原有的运动程序。运动控制器每次上电以后需要重新下载运动程序。在发布应用程序时，应同时发布目标文件和符号文件。否则运动程序无法正确下载执行。

运动程序下载到运动控制器以后还不能立即执行，必须调用 GT_Bind 指令绑定线程、函数和数据页，然后调用 GT_RunThread 指令启动线程。运动控制器支持 32 个线程同时运行，一个线程只能分配一个函数，但是一个函数可以分配给多个线程同时执行，例如多轴回零时，可以让多个线程绑定同一个回零函数，然后同时启动这些线程就可以实现多轴同时回零。在线程执行过程中不允许绑定新的函数，除非线程执行完毕。

各函数的局部变量放在相互独立的数据页中。运动控制器提供 32 个数据页。在绑定线程和函数时，必须指明所使用的数据页。一个数据页只能分配给一个线程，但是一个线程可以使用多个数据页。线程在执行过程中可以切换数据页。

应用程序可以随时调用 GT_GetThreadSts 指令查询线程的执行状态。

应用程序可以随时调用 GT_SetVarValue 指令更新运动程序中所有变量的值。

应用程序可以随时调用 GT_GetVarValue 指令查询运动程序中所有变量的值。

9.2.3 例程

9.2.3.1 单线程累加求和

运动程序完成累加求和任务。定义了全局变量 sum 用于保存累加和，局部变量 begin 用于保存累加起点，局部变量 end 用于保存累加终点。累加完成以后程序结束。

```
//-----------------------------------------------
// 累加求和
// begin 累加起点
// end   累加终点
//-----------------------------------------------
int sum;

int add(int begin,int end)
{
    int i;
    int cc;

    i=begin;
lbl_loop:
    cc = i > end;
    if(cc) goto lbl_end;
    sum = sum + i;
    i = i + 1;
    goto lbl_loop;
lbl_end:
    return sum;
}
```

应用程序负责编译、下载、初始化、启动运动程序。

```
#include "stdafx.h"
#include "conio.h"
#include "gts.h"

int main(int argc, char* argv[])
{
    short rtn;
    TCompileInfo compile;
    short funId;
    TVarInfo sum,begin,end;
    double value;
```

```
TThreadSts thread;

// 打开运动控制器
rtn = GT_Open();
printf("GT_Open()=%d\n",rtn);

// 复位运动控制器
rtn = GT_Reset();
printf("GT_Reset()=%d\n",rtn);

// 编译运动程序sum.c
// 编译成功以后生成sum.bin和sum.ini
// 必须保证error.ini文件位于工程文件夹中
rtn = GT_Compile("sum.c",&compile);
printf("GT_Compile()=%d\n",rtn);

// 下载运动程序sum.bin
rtn = GT_Download("sum.bin");
printf("GT_Download()=%d\n",rtn);

// 获取函数ID
rtn = GT_GetFunId("add",&funId);
printf("GT_GetFunId()=%d\n",rtn);

// 获取全局变量sum的ID
rtn = GT_GetVarId(NULL,"sum",&sum);
printf("GT_GetVarId()=%d\n",rtn);

// 获取局部变量begin的ID
rtn = GT_GetVarId("add","begin",&begin);
printf("GT_GetVarId()=%d\n",rtn);

// 获取局部变量end的ID
rtn = GT_GetVarId("add","end",&end);
printf("GT_GetVarId()=%d\n",rtn);

// 绑定线程，函数，数据页
rtn = GT_Bind(0,funId,0);
printf("GT_Bind()=%d\n",rtn);

value = 0;
// 初始化运动程序的全局变量sum
rtn = GT_SetVarValue(-1,&sum,&value);
printf("GT_SetVarValue()=%d\n",rtn);
```

```
    value = 1;
    // 初始化运动程序的局部变量begin
    rtn = GT_SetVarValue(0,&begin,&value);
    printf("GT_SetVarValue()=%d\n",rtn);

    value = 100;
    // 初始化运动程序的局部变量end
    rtn = GT_SetVarValue(0,&end,&value);
    printf("GT_SetVarValue()=%d\n",rtn);

    // 启动线程
    rtn = GT_RunThread(0);
    printf("GT_RunThread()=%d\n",rtn);

    do
    {
        // 查询线程状态
        rtn = GT_GetThreadSts(0,&thread);

        // 查询全局变量sum的值
        rtn = GT_GetVarValue(-1,&sum,&value);

        printf("run=%d sum=%-10.0lf\n",thread.run,value);
    }while( 1 == thread.run );  // 等待线程运行结束

    getch();

    return 0;
}
```

9.2.3.2 多线程累加求和

运动程序代码和例程 9.2.3.1 相同。

应用程序负责编译、下载、初始化、启动运动程序。和例程 9.2.3.1 不同之处在于启动 2 个线程完成累加运算任务。

```
#include "stdafx.h"
#include "conio.h"
#include "gts.h"

int main(int argc, char* argv[])
{
    short rtn;
```

```
TCompileInfo compile;
short funId;
TVarInfo sum,begin,end;
double value;
TThreadSts thread;

// 打开运动控制器
rtn = GT_Open();
printf("GT_Open()=%d\n",rtn);

// 复位运动控制器
rtn = GT_Reset();
printf("GT_Reset()=%d\n",rtn);

// 编译运动程序sum.c
// 编译成功以后生成sum.bin和sum.ini
// 必须保证error.ini文件位于工程文件夹中
rtn = GT_Compile("sum.c",&compile);
printf("GT_Compile()=%d\n",rtn);

// 下载运动程序sum.bin
rtn = GT_Download("sum.bin");
printf("GT_Download()=%d\n",rtn);

// 获取函数ID
rtn = GT_GetFunId("add",&funId);
printf("GT_GetFunId()=%d\n",rtn);

// 获取全局变量sum的ID
rtn = GT_GetVarId(NULL,"sum",&sum);
printf("GT_GetVarId()=%d\n",rtn);

// 获取局部变量begin的ID
rtn = GT_GetVarId("add","begin",&begin);
printf("GT_GetVarId()=%d\n",rtn);

// 获取局部变量end的ID
rtn = GT_GetVarId("add","end",&end);
printf("GT_GetVarId()=%d\n",rtn);

// 绑定线程，函数，数据页
rtn = GT_Bind(0,funId,0);
printf("GT_Bind()=%d\n",rtn);
```

```
// 绑定线程，函数，数据页
rtn = GT_Bind(1,funId,1);
printf("GT_Bind()=%d\n",rtn);

value = 0;
// 初始化运动程序的全局变量sum
rtn = GT_SetVarValue(-1,&sum,&value);
printf("GT_SetVarValue()=%d\n",rtn);

value = 1;
// 初始化运动程序的局部变量begin
rtn = GT_SetVarValue(0,&begin,&value);
printf("GT_SetVarValue()=%d\n",rtn);

value = 50;
// 初始化运动程序的局部变量end
rtn = GT_SetVarValue(0,&end,&value);
printf("GT_SetVarValue()=%d\n",rtn);

value = 51;
// 初始化运动程序的局部变量begin
rtn = GT_SetVarValue(1,&begin,&value);
printf("GT_SetVarValue()=%d\n",rtn);

value = 100;
// 初始化运动程序的局部变量end
rtn = GT_SetVarValue(1,&end,&value);
printf("GT_SetVarValue()=%d\n",rtn);

// 启动线程
rtn = GT_RunThread(0);
printf("GT_RunThread()=%d\n",rtn);

// 启动线程
rtn = GT_RunThread(1);
printf("GT_RunThread()=%d\n",rtn);

do
{
    // 查询线程状态
    rtn = GT_GetThreadSts(0,&thread);
}while( 1 == thread.run );  // 等待线程运行结束

do
```

```
    {
        // 查询线程状态
        rtn = GT_GetThreadSts(1,&thread);
    }while( 1 == thread.run );  // 等待线程运行结束

    // 查询全局变量sum的值
    rtn = GT_GetVarValue(-1,&sum,&value);
    printf("sum=%-10.0lf",value);

    getch();

    return 0;
}
```

9.2.3.3 组合运动

该例程实现 3 个运动轴协调运动，其应用场景为半导体加工设备，定义 3 个运动轴分别为摆臂轴、送料轴和点胶轴。其中各个轴的运动关系如下所述。

摆臂轴：点胶轴离开工作区域时，启动摆臂轴向工作区域运动，完成工作后无需等待任何信号，即可撤离工作区域。

送料轴：摆臂轴离开工作区域时，即可启动送料轴运动。

点胶轴：摆臂轴离开工作区域之后，启动点胶轴向工作区域运动；当送料轴运动到位时，点胶轴完成点胶工作，然后离开工作区域。

运动程序将三个轴的运动分别用三个函数来实现，ArmMotion 控制摆臂轴，GlueMotion 控制点胶轴，PieceMotion 控制物料轴，通过四个全局同步变量，来实现各个运动之间的互斥和关联。

pieceArrival：标志送料轴已经到达，可以启动点胶轴的运动离开工作区域。

pieceStart：启动送料轴标志位，标志送料轴可以启动。

glueStart：启动点胶轴标志位，标志点胶轴可以开始运动到工作区域。

armStart：启动摆臂轴标志位，标志摆臂轴可以开始向工作区域运动。

ArmMotion 函数与线程 0 和数据页 0 绑定；GlueMotion 函数与线程 1 和数据页 1 绑定；PieceMotion 函数与线程 2 和数据页 2 绑定。每个线程独立控制一个轴的运动。运动程序的变量初始值设置如下：

全局变量 pieceArrival 值：0；(物料轴未到达)

全局变量 armStart 值：0；(初始状态下摆臂轴运动条件不满足)

全局变量 pieceStart 值：1；(初始状态下物料轴运动条件满足)

全局变量 glueStart 值：1；(初始状态下点胶轴运动条件满足)

下图中 1 轴是摆臂轴规划速度，2 轴是点胶轴规划速度，3 轴是物料轴规划速度。

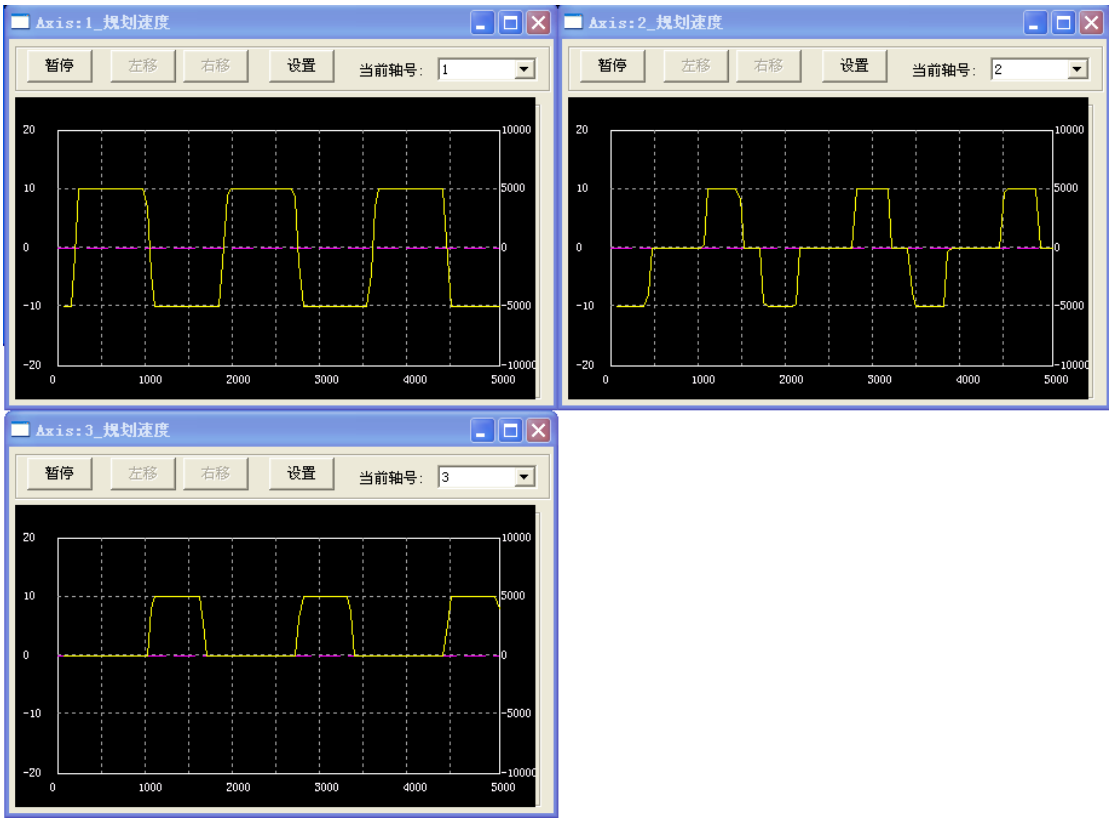


图 9-1 组合运动时序图

运动程序代码如下：

```
//-----------------------------------------------
// 组合运动
//-----------------------------------------------

int pieceArrival;       //物料轴到达标志
int pieceStart;             //物料轴启动标志
int glueStart;              //点胶轴启动标志
int armStart;           //摆臂轴启动标志

// 摆臂轴运动
void ArmMotion(short arm)
{
     long armStep;
     short cc;
    long clock;
    long sts;
    short axis;

lbl_loop:
     axis=arm-1;
```

```
    axis=1<<axis;

    // 等待摆臂启动标志
lbl_wait_for_arm_start:
    cc = !armStart;
    if(cc) goto lbl_wait_for_arm_start;

    // 清除摆臂启动标志
    armStart = 0;

    // 摆臂轴运动
    GT_SetPos(arm,armStep);
    GT_Update(axis);

    // 等待摆臂轴运动停止
lbl_wait_for_arm_stop:
    GT_GetSts(arm,&sts,1,&clock);
    cc = sts & 0x400;
    if(cc) goto lbl_wait_for_arm_stop;

    // 摆臂轴返回
    GT_SetPos(arm,0);
    GT_Update(axis);

    // 置起点胶轴启动标志
    glueStart = 1;

    // 置起物料轴启动标志
    pieceStart = 1;

    // 等待摆臂轴运动停止
lbl_wait_for_arm_return:
    GT_GetSts(arm,&sts,1,&clock);
    cc = sts & 0x400;
    if(cc) goto lbl_wait_for_arm_return;

   goto lbl_loop;
}

// 点胶轴运动
void GlueMotion(short glue)
{
    long glueStep;
    short cc;
```

```
    long clock;
    long sts;
    short axis;

lbl_loop:
     axis=glue-1;
     axis=1<<axis;

     // 等待点胶轴启动标志
lbl_wait_for_glue_start:
     cc = !glueStart;
     if (cc) goto lbl_wait_for_glue_start;

     // 清除点胶轴启动标志
    glueStart = 0;

    // 点胶轴运动
    GT_SetPos(glue,glueStep);
    GT_Update(axis);

    // 等待点胶轴运动停止
lbl_wait_for_glue_stop:
    GT_GetSts(glue,&sts,1,&clock);
    cc = sts & 0x400;
    if(cc) goto lbl_wait_for_glue_stop;

    // 等待物料轴到达
lbl_wait_for_piece_arrival:
     cc = !pieceArrival;
     if(cc) goto lbl_wait_for_piece_arrival;

    // 点胶轴返回
    GT_SetPos(glue,0);
    GT_Update(axis);

     // 置起摆臂轴启动标志
    armStart = 1;

    // 等待运动停止
lbl_wait_for_glue_return:
    GT_GetSts(glue,&sts,1,&clock);
    cc = sts & 0x400;
    if(cc) goto lbl_wait_for_glue_return;
```

```
    goto lbl_loop;
}

// 物料轴运动
void PieceMotion(short piece)
{
     long pieceStep;
     short cc;
    long clock;
    long sts;
    long pos;
    short axis;
    pos = 0;

lbl_loop:
     axis=piece-1;
     axis=1<<axis;

     // 等待启动物料标志
lbl_wait_for_piece_start:
     cc = !pieceStart;
     if (cc) goto lbl_wait_for_piece_start;

     // 清除物料轴启动标志
    pieceStart = 0;

     // 清除物料轴到达标志
     pieceArrival = 0;

    // 启动物料轴运动
    pos = pos + pieceStep;
    GT_SetPos(piece,pos);
    GT_Update(axis);

     // 等待物料轴运动停止
lbl_wait_for_piece_stop:
    GT_GetSts(piece,&sts,1,&clock);
    cc = sts & 0x400;
    if(cc) goto lbl_wait_for_piece_stop;

     // 置起物料轴到达标志
    pieceArrival = 1;

    goto lbl_loop;
```

```
}
```

应用程序负责编译、下载、初始化、启动运动程序。代码如下：

```
#include "stdafx.h"
#include "conio.h"
#include "gts.h"

#define ARM                 1
#define GLUE            2
#define PIECE           3

#define ARM_STEP        8000
#define GLUE_STEP       4000
#define PIECE_STEP      6000

#define ARM_VEL             10
#define GLUE_VEL        10
#define PIECE_VEL       10

int main(int argc, char* argv[])
{
    short rtn;
    TTrapPrm trap;
    TCompileInfo compile;
    short armMotion,glueMotion,pieceMotion;
    TVarInfo pieceArrival,pieceStart,glueStart,armStart;
    TVarInfo arm,armStep,glue,glueStep,piece,pieceStep;
    double value;
    double prfPos[8];

    // 打开运动控制器
    rtn = GT_Open();
    printf("GT_Open()=%d\n",rtn);

    // 复位运动控制器
    rtn = GT_Reset();
    printf("GT_Reset()=%d\n",rtn);

    // 配置运动控制器
    // 注意：配置文件test.cfg取消了各轴的报警和限位
    rtn = GT_LoadConfig("test.cfg");
    printf("GT_LoadConfig()=%d\n",rtn);
```

```
// 清除各轴的报警和限位
rtn = GT_ClrSts(1,8);
printf("GT_ClrSts()=%d\n",rtn);

// 设置ARM运动参数
rtn = GT_PrfTrap(ARM);
printf("GT_PrfTrap()=%d\n",rtn);
rtn = GT_GetTrapPrm(ARM,&trap);
printf("GT_GetTrapPrm()=%d\n",rtn);
trap.acc = 0.25;
trap.dec = 0.25;
rtn = GT_SetTrapPrm(ARM,&trap);
printf("GT_SetTrapPrm()=%d\n",rtn);
rtn = GT_SetVel(ARM,ARM_VEL);
printf("GT_SetVel()=%d\n",rtn);
rtn = GT_Update(1<<(ARM-1));
printf("GT_Update()=%d\n",rtn);

// 设置GLUE运动参数
rtn = GT_PrfTrap(GLUE);
printf("GT_PrfTrap()=%d\n",rtn);
rtn = GT_GetTrapPrm(GLUE,&trap);
printf("GT_GetTrapPrm()=%d\n",rtn);
trap.acc = 0.25;
trap.dec = 0.25;
rtn = GT_SetTrapPrm(GLUE,&trap);
printf("GT_SetTrapPrm()=%d\n",rtn);
rtn = GT_SetVel(GLUE,GLUE_VEL);
printf("GT_SetVel()=%d\n",rtn);
rtn = GT_Update(1<<(GLUE-1));
printf("GT_Update()=%d\n",rtn);

// 设置PIECE运动参数
rtn = GT_PrfTrap(PIECE);
printf("GT_PrfTrap()=%d\n",rtn);
rtn = GT_GetTrapPrm(PIECE,&trap);
printf("GT_GetTrapPrm()=%d\n",rtn);
trap.acc = 0.25;
trap.dec = 0.25;
rtn = GT_SetTrapPrm(PIECE,&trap);
printf("GT_SetTrapPrm()=%d\n",rtn);
rtn = GT_SetVel(PIECE,PIECE_VEL);
printf("GT_SetVel()=%d\n",rtn);
rtn = GT_Update(1<<(PIECE-1));
```

```
printf("GT_Update()=%d\n",rtn);

// 编译运动程序
// 编译成功以后生成扩展名为bin和ini的文件
// 必须保证error.ini文件位于工程文件夹中
rtn = GT_Compile("led.c",&compile);
printf("GT_Compile()=%d\n",rtn);

// 下载运动程序
rtn = GT_Download("led.bin");
printf("GT_Download()=%d\n",rtn);

// 获取函数ID
rtn = GT_GetFunId("ArmMotion",&armMotion);
printf("GT_GetFunId()=%d\n",rtn);

rtn = GT_GetFunId("GlueMotion",&glueMotion);
printf("GT_GetFunId()=%d\n",rtn);

rtn = GT_GetFunId("PieceMotion",&pieceMotion);
printf("GT_GetFunId()=%d\n",rtn);

// 获取全局变量ID
rtn = GT_GetVarId(NULL,"pieceArrival",&pieceArrival);
printf("GT_GetVarId()=%d\n",rtn);

rtn = GT_GetVarId(NULL,"pieceStart",&pieceStart);
printf("GT_GetVarId()=%d\n",rtn);

rtn = GT_GetVarId(NULL,"glueStart",&glueStart);
printf("GT_GetVarId()=%d\n",rtn);

rtn = GT_GetVarId(NULL,"armStart",&armStart);
printf("GT_GetVarId()=%d\n",rtn);

// 获取局部变量ID
rtn = GT_GetVarId("ArmMotion","arm",&arm);
printf("GT_GetVarId()=%d\n",rtn);
rtn = GT_GetVarId("ArmMotion","armStep",&armStep);
printf("GT_GetVarId()=%d\n",rtn);

rtn = GT_GetVarId("GlueMotion","glue",&glue);
printf("GT_GetVarId()=%d\n",rtn);
rtn = GT_GetVarId("GlueMotion","glueStep",&glueStep);
```

```
printf("GT_GetVarId()=%d\n",rtn);

rtn = GT_GetVarId("PieceMotion","piece",&piece);
printf("GT_GetVarId()=%d\n",rtn);
rtn = GT_GetVarId("PieceMotion","pieceStep",&pieceStep);
printf("GT_GetVarId()=%d\n",rtn);

// 绑定线程，函数，数据页
rtn = GT_Bind(0,armMotion,0);
printf("GT_Bind()=%d\n",rtn);

rtn = GT_Bind(1,glueMotion,1);
printf("GT_Bind()=%d\n",rtn);

rtn = GT_Bind(2,pieceMotion,2);
printf("GT_Bind()=%d\n",rtn);

// 初始化运动程序的全局变量
value = 0;
rtn = GT_SetVarValue(-1,&pieceArrival,&value);
printf("GT_SetVarValue()=%d\n",rtn);

value = 1;
rtn = GT_SetVarValue(-1,&pieceStart,&value);
printf("GT_SetVarValue()=%d\n",rtn);

value = 1;
rtn = GT_SetVarValue(-1,&glueStart,&value);
printf("GT_SetVarValue()=%d\n",rtn);

value = 0;
rtn = GT_SetVarValue(-1,&armStart,&value);
printf("GT_SetVarValue()=%d\n",rtn);

// 初始化运动程序的局部变量
value = ARM;
rtn = GT_SetVarValue(0,&arm,&value);
printf("GT_SetVarValue()=%d\n",rtn);
value = ARM_STEP;
rtn = GT_SetVarValue(0,&armStep,&value);
printf("GT_SetVarValue()=%d\n",rtn);

value = GLUE;
rtn = GT_SetVarValue(1,&glue,&value);
```

```
    printf("GT_SetVarValue()=%d\n",rtn);
    value = GLUE_STEP;
    rtn = GT_SetVarValue(1,&glueStep,&value);
    printf("GT_SetVarValue()=%d\n",rtn);

    value = PIECE;
    rtn = GT_SetVarValue(2,&piece,&value);
    printf("GT_SetVarValue()=%d\n",rtn);
    value = PIECE_STEP;
    rtn = GT_SetVarValue(2,&pieceStep,&value);
    printf("GT_SetVarValue()=%d\n",rtn);

    // 启动线程
    rtn = GT_RunThread(0);
    printf("GT_RunThread()=%d\n",rtn);

    rtn = GT_RunThread(1);
    printf("GT_RunThread()=%d\n",rtn);

    rtn = GT_RunThread(2);
    printf("GT_RunThread()=%d\n",rtn);

    while(!kbhit())
    {
        // 读取各轴规划位置
        GT_GetPrfPos(1,prfPos,8);

        printf("ARM=%-10.0lf GLUE=%-10.0lf
PIECE=%-10.0lf\r",prfPos[ARM-1],prfPos[GLUE-1],prfPos[PIECE-1]);
    }

    return 0;
}
```

9.3 语言元素

9.3.1 数据类型

支持整型和浮点型 2 种数据类型。

整型 32 位，取值范围是-2,147,483,648 ~ 2,147,483,647。

浮点型采用定点格式，32 位整数，16 位小数。所能表示的最小精度为 (1/2)^16=0.0000152587890625。

9.3.2 常量

可以在程序中直接使用立即数和宏。立即数可以是 10 进制整数、16 进制整数和浮点数。

9.3.3 变量

可以声明局部变量和全局变量。每个函数最多可声明 1024 个局部变量。全局变量最多可声明 1024 个。整型类型说明符为 int。浮点型类型说明符为 double。

9.3.4 数组

支持一维数组，支持常量下标索引和变量下标索引。

不支持多维数组，不支持用数组元素进行下标索引。

9.3.5 函数

函数可以定义返回值类型和输入形参类型。

不支持在函数中调用自定义函数，但是可以调用 GT 运动控制指令。

9.3.6 数据类型转换

支持强制数据类型转换。强制数据类型转换符有 int,double。

1. 数据类型转换符必须加括号，如 a=(int)b
2. 数据类型转换不会改变变量本身的数据类型定义

9.4 运算指令

支持算术运算、逻辑运算、关系运算、位运算，语法规则和 C 语言相同，但是不支持复杂表达式，只能使用 2 个操作数进行运算，而且这 2 个操作数的数据类型必须相同。

注意：由于运动程序中的浮点数据类型只有 16 位小数精度，请不要在运动程序中进行高精度浮点运算。

9.4.1 算数运算

用于各类数值运算。包括加(+)、减(-)、乘(*)、除(/)、求余(或称模运算，%)共五种。

9.4.2 逻辑运算

逻辑运算包括与(&&)、或(||)、非(!)三种。参数可以是整型变量、或者整型常数。

9.4.3 关系运算

关系运算符用于比较运算。包括大于(>)、小于(<)、等于(==)、 大于等于(>=)、小于等于(<=)和不等于(!=)六种。参与比较的参数类型必须一致。

9.4.4 位运算

参与运算的量，按二进制位进行运算。包括位与(&)、位或(|)、位非(~)、位异或(^)、左移(<<)、右移(>>)六种。

9.5 流程控制

支持条件跳转、条件返回，语法规则和 C 语言相同。

条件跳转如下所示：

if(var) goto label；

当条件变量 var 非 0 时，跳转到标记为 label 的指令。

不支持表达式作为判断条件。

条件返回如下所示：

if(var) return value；

当条件变量 var 非 0 时，程序返回，返回值为 value。

不支持表达式作为判断条件。

第十章 其它指令

10.1 打开/关闭运动控制器

打开/关闭运动控制器指令列表

指令	说明
GT_Open	打开运动控制器
GT_Close	关闭运动控制器
GT_SetCardNo	切换当前运动控制器卡号
GT_GetCardNo	读取当前运动控制器卡号
GT_Reset	复位运动控制器

打开/关闭运动控制器指令详细说明

GT_Open(short channel=0,short param=1)	
channel	打开运动控制器的方式，默认为：0 0：正常打开运动控制器 1：内部调试方式，用户不能使用
param	当 channel=1 时，该参数有效
GT_SetCardNo(short index)	
index	将被设置为当前运动控制器的卡号，取值范围：[0,15]
GT_GetCardNo(short *pIndex)	
pIndex	读取的当前运动控制器的卡号

在使用运动控制器之前，首先需要使用 GT_Open()指令打开运动控制器，和运动控制器建立通讯；在使用运动控制器结束之后，退出应用程序时，应当调用 GT_Close()指令关闭运动控制器。

调用 GT_Reset()指令将使运动控制器的所有寄存器恢复到默认状态，一般在打开运动控制器之后调用该指令。

GT_SetCardNo()用于切换当前运动控制器卡号，一台计算机上使用多个运动控制器时，该指令用于指定当前运动控制器。当指令执行成功后，之后的所有指令只操作当前运动控制器。在多运动控制器系统中，每个运动控制器在操作系统启动时被分配一个卡号(0~15)，用于区别不同控制卡。卡号分配原则遵循 PNP 规则，第一个被系统识别的运动控制器卡号为 0，所以在硬件配置没有改变的情况下，系统每次分配的卡号是相同的。

10.2 读取固件版本号

读取固件版本号指令列表

指令	说明
GT_GeVersion	读取运动控制器固件的版本号

读取固件版本号指令详细说明

GT_GetVersion(char **pVersion)	
pVersion	读取的运动控制器的固件版本号字符串

为了方便用户核对运动控制器固件版本，提供 GT_GetVersion()指令来读取运动控制器固件版本号，版本号是一个含有 18 个字符的字符串：aaa bbbbbb ccc dddddd。具体的定义如下表：

aaa	固件 1 的版本号，如 100，即表示版本号为：1.00
bbbbbb	固件 1 的版本号的生成时间，如 090908，即表示该版本生成于：2009 年 9 月 8 日
ccc	固件 2 的版本号
dddddd	固件 2 的版本号的生成时间

调用 GT_GetVersion()指令的例程：

```
short rtn;
char *pVersion;                          // 定义指向版本号字符串的指针

rtn = GT_Open();
rtn = GT_GetVersion(&pVersion);          // 读取版本号
printf("%s\n",pVersion);
rtn = GT_Close();
```

10.3 读取系统时钟

读取系统时钟指令列表

指令	说明
GT_GetClock	读取运动控制器系统时钟
GT_GetClockHighPrecision	读取运动控制器系统高精度时钟

读取系统时钟指令详细说明

GT_GetClock(unsigned long *pClock,unsigned long *pLoop=NULL)	
pClock	读取的运动控制器的时钟，单位：毫秒
pLoop	内部使用，默认为：NULL，即不读取该值
GT_GetClockHighPrecision(unsigned long *pClock)	
pClock	读取的运动控制器的时钟，单位：125 微秒

运动控制器上电初始化之后，内部计数时钟从 0 开始计数，每 1 毫秒增加 1，通过 GT_GetClock()指令可以读取该计数时钟的值。GT_GetClockHighPrecision()读取的时钟每 125 微秒增加 1，调用 GT_Reset()指令将会使计数时钟值清零。

10.4 打开/关闭电机使能信号

打开/关闭电机使能信号指令列表

指令	说明
GT_AxisOn	打开驱动器使能
GT_AxisOff	关闭驱动器使能

打开/关闭电机使能信号指令详细说明

GT_AxisOn(short axis)	
axis	打开伺服使能的轴的编号
GT_AxisOff(short axis)	
axis	关闭伺服使能的轴的编号

调用 GT_AxisOn()指令将打开指定控制轴所连电机的伺服使能信号，使指定控制轴进入控制状态。如果在系统配置时，没有数字量输出与该 axis 关联，则该指令将会无效(参见 3.2.8 配置 do)。如果运动控制器被配置成了伺服控制方式(参加第三章 系统配置)，那么必须首先设置指定轴的位置环的 PID 参数。

10.5 维护位置值

函数列表

指令	说明
GT_SetPrfPos	修改指定轴的规划位置
GT_SynchAxisPos	axis 合成规划位置和所关联的 profile 同步 axis 合成编码器位置和所关联的 encoder 同步
GT_ZeroPos	清零规划位置和实际位置，并进行零漂补偿

函数参数详细说明

GT_SetPrfPos(short profile,long prfPos)	
profile	规划轴编号
prfPos	设置的规划位置的值
GT_SynchAxisPos(long mask)	
mask	按位标识需要进行位置同步的轴号 Bit0 对应 1 轴，bit1 对应 2 轴，… 0：表示不需要进行位置同步 1：需要进行位置同步
GT_ZeroPos(short axis,short count)	
axis	需要位置清零的起始轴号
count	需要位置清零的轴数

第三章系统配置里提到，axis 含有 profile 和 encoder 的当量变换的功能，如果调用了 GT_SetPrfPos()指令或者 GT_SetEncPos()指令之后，profile 的输出值或者 encoder 的输出发生了变化，如果需要将 axis 当量变换之后的值与 profile 或者 encoder 的值同步，需要调用 GT_SynchAxisPos()指令。

10.6 电机到位检测

函数列表

指令	说明
GT_SetAxisBand	设置轴到位误差带 规划器静止，规划位置和实际位置的误差小于设定误差带，并且在误差带内保持设定时间后，置起到位标志
GT_GetAxisBand	读取轴到位误差带

函数说明

GT_SetAxisBand(short axis,long band,long time)	
axis	轴号
band	误差带大小，单位：脉冲
time	误差带保持时间，单位：250 微秒
GT_GetAxisBand(short axis,long *pBand,long *pTime)	
axis	轴号
pBand	读取误差带大小
pTime	读取误差带保持时间

用户使用伺服电机时，由于伺服电机在运动的过程中可能会存在运动滞后，会出现规划停止，而实际位置并没有到位的情况。用户可以使用运动控制器的运动到位检测功能来判断电机是否实际到位。运动控制器默认该功能是无效的，当调用 GT_SetAxisBand()指令设置了相应的误差带和保持时间之后，该功能生效。

该功能生效后，当规划器处于静止状态，即轴状态寄存器 bit10 为 0(参见 4.2.1)，并且规划位置和编码器位置的误差在设定的误差带内保持了设定时间，轴状态寄存器 bit11 将被置 1(参见 4.2.1)。当规划器运动，或者规划位置和编码器位置的误差超出误差带时立即清 0。检测电机到位标志可以保证系统的定位精度，应当根据机械系统的实际情况设置合适的到位误差带和误差带保持时间。如果到位误差带设置的太小，或者误差带保持时间太长，都会使到位时间增长，影响加工效率。

使用电机到位检测功能必须注意以下几点：

1. axis 正确关联编码器，并且编码器方向和规划运动方向必须一致。
2. 正确设置到位误差带，默认情况下到位误差带无效
3. 调用 GT_ZeroPos()进行对位置进行清零，同时进行自动零漂补偿。

下面这个例程示例电机到位检测的使用方法。一个轴运动到位以后，启动另一个轴的运动。

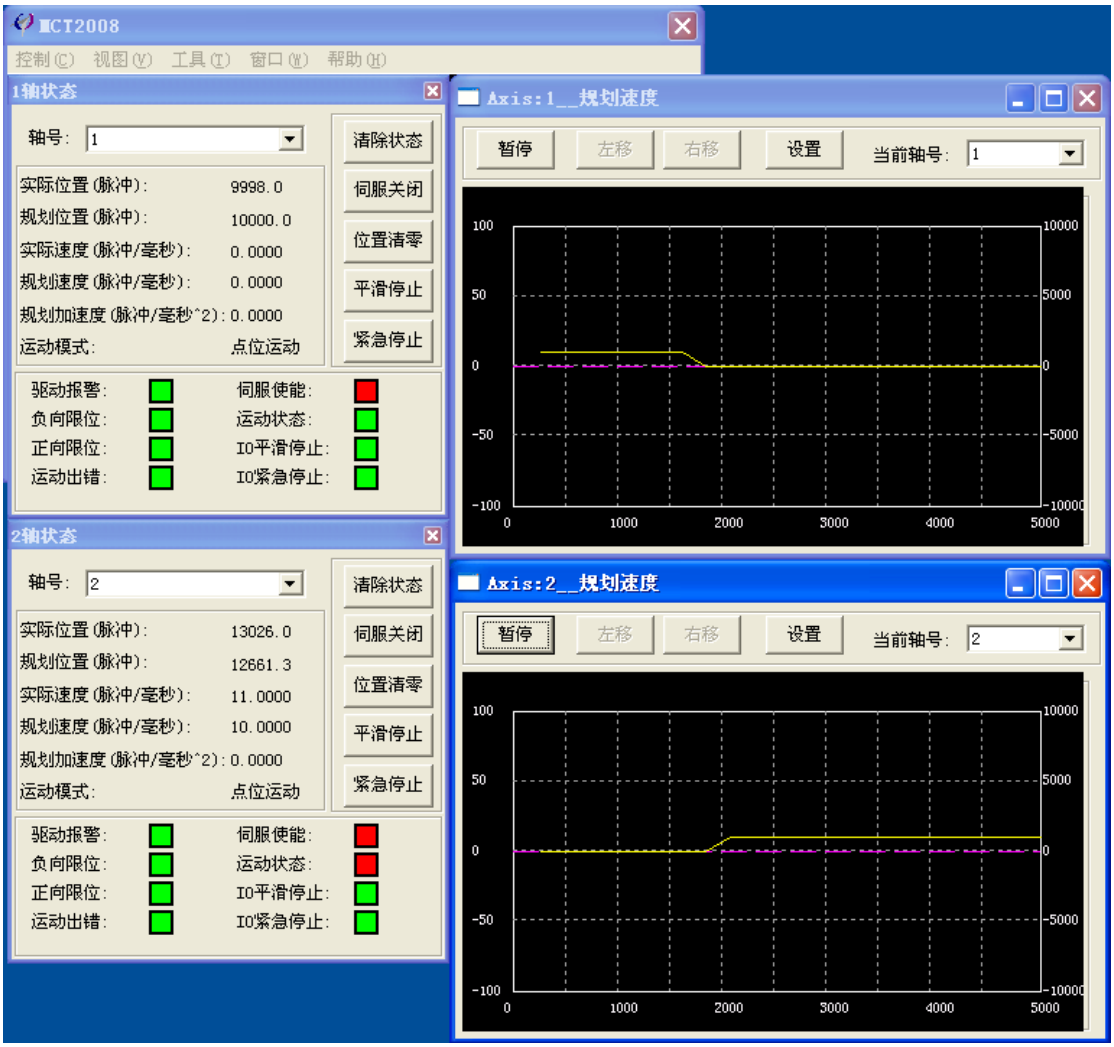


图 10-6-1 运动状态检测

```
#include "stdafx.h"
#include "conio.h"
#include "windows.h"
#include "gts.h"

#define AXIS_X          1
#define AXIS_Y          2

int main(int argc, char* argv[])
{
    short rtn;
    TPid pid;
    TTrapPrm trap;
    long sts;
    long posX,posY;
    double prfPos,prfVel;
```

```
// 打开运动控制器
rtn = GT_Open();
printf("GT_Open()=%d\n",rtn);

// 复位控制器
rtn = GT_Reset();
printf("GT_Reset()=%d\n",rtn);

// 配置运动控制器为伺服模式
rtn = GT_LoadConfig("servo.cfg");
printf("GT_LoadConfig()=%d\n",rtn);

// 延时一段时间
Sleep(100);

// 清除各轴的报警和限位
rtn = GT_ClrSts(1,8);
printf("GT_ClrSts()=%d\n",rtn);

// 读取X轴PID参数
rtn = GT_GetPid(AXIS_X,1,&pid);
printf("GT_GetPid()=%d\n",rtn);
pid.kp = 10;
// 更新X轴PID参数
rtn = GT_SetPid(AXIS_X,1,&pid);
printf("GT_SetPid()=%d\n",rtn);

// 读取Y轴PID参数
rtn = GT_GetPid(AXIS_Y,1,&pid);
printf("GT_GetPid()=%d\n",rtn);
pid.kp = 10;
// 更新Y轴PID参数
rtn = GT_SetPid(AXIS_Y,1,&pid);
printf("GT_SetPid()=%d\n",rtn);

// X轴伺服使能
rtn = GT_AxisOn(AXIS_X);
printf("GT_AxisOn()=%d\n",rtn);

// Y轴伺服使能
rtn = GT_AxisOn(AXIS_Y);
printf("GT_AxisOn()=%d\n",rtn);

// 延时一段时间，等待伺服稳定
```

```
Sleep(200);

// 位置清零,并进行自动零漂补偿
rtn = GT_ZeroPos(AXIS_X);
printf("GT_ZeroPos()=%d\n",rtn);

// 设置X轴到位误差带
rtn = GT_SetAxisBand(AXIS_X,20,5);
printf("GT_SetAxisBand()=%d\n",rtn);

// 位置清零,并进行自动零漂补偿
rtn= GT_ZeroPos(AXIS_Y);
printf("GT_ZeroPos()=%d\n",rtn);

// 设置Y轴到位误差带
rtn = GT_SetAxisBand(AXIS_Y,20,5);
printf("GT_SetAxisBand()=%d\n",rtn);

// X轴设为点位模式
rtn = GT_PrfTrap(AXIS_X);
printf("GT_PrfTrap()=%d\n",rtn);

// 读取X轴点位运动参数
rtn = GT_GetTrapPrm(AXIS_X,&trap);
printf("GT_GetTrapPrm()=%d\n",rtn);
trap.acc = 1;
trap.dec = 0.5;
// 设置X轴点位运动参数
rtn = GT_SetTrapPrm(AXIS_X,&trap);
printf("GT_SetTrapPrm()=%d\n",rtn);

// 设置X轴的目标速度
rtn = GT_SetVel(AXIS_X,10);
printf("GT_SetVel()=%d\n",rtn);

// Y轴设为点位模式
rtn = GT_PrfTrap(AXIS_Y);
printf("GT_PrfTrap()=%d\n",rtn);

// 读取Y轴点位运动参数
rtn = GT_GetTrapPrm(AXIS_Y,&trap);
printf("GT_GetTrapPrm()=%d\n",rtn);
trap.acc = 1;
trap.dec = 0.5;
```

```
// 设置Y轴点位运动参数
rtn = GT_SetTrapPrm(AXIS_Y,&trap);
printf("GT_SetTrapPrm()=%d\n",rtn);

// 设置Y轴的目标速度
rtn = GT_SetVel(AXIS_Y,10);
printf("GT_SetVel()=%d\n",rtn);

posX = 10000;
posY = 20000;

while(!kbhit())
{
    // 设置X轴目标位置
    rtn = GT_SetPos(AXIS_X,posX);
    printf("GT_SetPos()=%d\n",rtn);

    // 启动X轴的运动
    rtn = GT_Update(1<<(AXIS_X-1));
    printf("GT_Update()=%d\n",rtn);

    posX = - posX;

    // 等待X轴进入误差带
    do
    {
        GT_GetSts(AXIS_X,&sts);
        GT_GetPrfPos(AXIS_X,&prfPos);
        GT_GetPrfVel(AXIS_X,&prfVel);
        printf("x pos=%-10.2lf vel=%-6.2lf\r",prfPos,prfVel);
    }while( 0x800 != ( sts & 0x800 ) );

    printf("\n");

    // 设置Y轴目标位置
    rtn = GT_SetPos(AXIS_Y,posY);
    printf("GT_SetPos()=%d\n",rtn);

    // 启动Y轴的运动
    rtn = GT_Update(1<<(AXIS_Y-1));
    printf("GT_Update()=%d\n",rtn);

    posY = - posY;
```

```
            // 等待Y轴进入误差带
            do
            {
                GT_GetSts(AXIS_Y,&sts);
                GT_GetPrfPos(AXIS_Y,&prfPos);
                GT_GetPrfVel(AXIS_Y,&prfVel);
                printf("y pos=%-10.2lf vel=%-6.2lf\r",prfPos,prfVel);
            }while( 0x800 != ( sts & 0x800 ) );

            printf("\n");
        }

        return 0;
}
```

10.7 设置 PID 参数

函数列表

指令	说明
GT_SetControlFilter	设定 PID 索引，支持 3 组 PID 参数
GT_GetControlFilter	读取当前 PID 索引
GT_SetPid	设置 PID 参数
GT_GetPid	读取 PID 参数

函数参数说明

GT_SetControlFilter(short control,short index)	
control	伺服控制器编号
index	伺服控制参数的索引号，取值范围：[1,3]
GT_GetControlFilter(short control,short *pIndex)	
control	伺服控制器编号
pIndex	读取的伺服控制参数的索引号
GT_SetPid(short control,short index,TPid *pPid)	
control	伺服控制器编号
index	伺服控制参数的索引号，取值范围：[1,3]
pPid	设置 PID 参数 typedef struct Pid { double kp; double ki; double kd; double kvff; double kaff;

	long integralLimit; long derivativeLimit; short limit; }TPid; kp：比例增益； ki：积分增益； kd：微分增益； kvff：速度前馈系数； kaff：加速度前馈系数； integralLimit：积分饱和极限； derivativeLimit：微分饱和极限； limit：控制量输出饱和极限；
GT_GetPid(short control,short index,TPid *pPid)	
control	伺服控制器编号
index	伺服控制参数的索引号，取值范围：[1,3]
pPid	读取 PID 参数

运动控制器支持设置 3 组 PID 参数，并且支持运动时在各组 PID 参数之间进行切换，通过调用 GT_SetControlFilter()指令来切换 PID 参数。

10.8 反向间隙补偿

函数列表

指令	说明
GT_SetBacklash	设置反向间隙补偿的相关参数
GT_GetBacklash	读取反向间隙补偿的相关参数

函数参数说明

GT_SetBacklash(short axis,long compValue,double compChangeValue,long compDir)	
axis	需要进行反向间隙补偿的轴的编号，取值范围：[1,8]
compValue	反向间隙补偿值，当为 0 时表示没有使能反向间隙补偿功能，取值范围：[0, 1073741824]，单位：脉冲
compChangeValue	反向间隙补偿的变化量，取值范围：[0, 1073741824]，单位：脉冲/毫秒 当该参数的值为 0 或者大于等于 compValue 时，则反向间隙的补偿量将瞬间叠加在规划位置上，没有渐变的过程
compDir	反向间隙补偿方向 0：只补偿负方向，当电机向负方向运动时，将施加补偿量，当电机向正方向运动时，不施加补偿量 1：只补偿正方向，当电机向正方向运动时，将施加补偿量，当电机向负方向运动时，不施加补偿量
GT_GetBacklash(short axis,long *pCompValue,double *pCompChangeValue,long *pCompDir)	
axis	查询的轴号，取值范围：[1,8]

pCompValue	读取的反向间隙补偿值
pCompChangeValue	读取的反向间隙补偿值的变化量
pCompDir	读取的反向间隙补偿的补偿方向

反向间隙误差是指由于传动链中机械间隙的存在，执行部件在运动过程中，从正向运动变为负向运动时，或者从负向运动变为正向运动时，执行部件的运动量与理论量存在误差，最后将反映为叠加至工件上的加工精度的误差。为了消除反向间隙误差，提高机器的加工精度和定位精度，该控制器提供了反向间隙误差补偿功能。用户只要在初始化的时候调用相应的反向间隙误差补偿功能指令 GT_SetBacklash()设置了相应的参数，反向间隙误差补偿功能将会生效；也可以通过指令 GT_SetBacklash()来关闭反向间隙误差补偿功能。

用户可以设置反向间隙误差补偿量的叠加速度，可以瞬间(一个控制周期内)叠加到输出量上，也可以选择以一定的速度叠加到输出量上。通过设置指令 GT_SetBacklash()的 compChangeValue 参数来实现，当 compChangeValue 的值为 0 或者大于等于 compValue 的值时，则表示误差补偿量将瞬间叠加到输出量上，当为其他值时，表示误差补偿量的叠加速度，单位是：pulse/ms。

反向间隙误差补偿方向指的是，反向间隙误差补偿是沿正方向补偿还是沿负方向补偿。如果指令 GT_SetBacklash()的参数 compDir 参数设置为 0 时，则只有电机从正方向转为负方向运动时，反向间隙补偿量生效，当电机向正方向运动时，反向间隙补偿量为 0。如果用户设置了补偿量的变化速度，则从正方向转为负方向时，补偿量以 compChangeValue 的速度叠加到 compValue 的值，当从负方向转为正方向时，补偿量从 compValue 以 compChangeValue 的速度减小为 0。这种情况下，用户应该在回零之后，让工作台向正方向运动一定的距离，以保证正方向运动没有间隙存在。

当指令 GT_SetBacklash()的参数 compDir 参数设置为 1 时，则只有电机从负方向转为正方向运动时，反向间隙补偿量生效，当电机向负方向运动时，反向间隙补偿量为 0。如果用户设置了补偿量的变化速度，则从负方向转为正方向时，补偿量以 compChangeValue 的速度叠加到 compValue 的值，当从正方向转为负方向时，补偿量从 compValue 以 compChangeValue 的速度减小为 0。这种情况下，用户应该在回零之后，让工作台向负方向运动一定的距离，以保证负方向运动没有间隙存在。

反向间隙补偿量会直接叠加到运动控制器的输出量上，当用户读取规划位置时，不会读到反向间隙补偿量。但是用户如果读取电机编码器的值，将会读到反向间隙的补偿量。

10.9 自动回原点功能

10.9.1 指令列表

函数列表

指令	说明
GT_HomeInit	初始化自动回原点功能
GT_Home	启动自动回原点功能
GT_Index	设置自动回原点功能为 home+index 模式

GT_HomeStop	启动原点停止功能
GT_HomeSts	查询自动回原点的运行状态

函数参数说明

GT_Home(short axis,long pos,double vel,double acc,long offset)	
axis	需要进行自动回原点操作的轴号，取值范围：[1,8]
pos	搜索距离，以当前位置为起点，搜索距离为正时向正方向搜索，搜索距离为负时向负方向搜索，单位：脉冲
vel	搜索速度，单位：脉冲/毫秒
acc	搜索加速度，单位：脉冲/(毫秒*毫秒)
offset	原点偏移量，当原点信号触发时，将当前轴目标位置自动更新为“原点位置＋原点偏移”。如果原点偏移量为 0，当原点信号触发时，首先平滑停止减速到 0，然后返回原点。
GT_Index(short axis,long pos,long offset)	
axis	需要进行自动 home+index 回原点操作的轴号，取值范围：[1,8]
pos	Index 信号的搜索距离。Home 信号触发时，以 Home 位置为起点搜索 Index，搜索距离为正时向正方向搜索，搜索距离为负时向负方向搜索。Index 搜索速度是 Home 搜索速度的一半，Index 搜索加速度和 Home 搜索加速度相同。
offset	Index 信号偏移量，当 index 信号触发时，将当前轴目标位置自动更新为“index 位置＋index 偏移”。如果 index 偏移量为 0，当 index 信号触发时，首先平滑停止减速到 0，然后返回 index 位置。
GT_HomeStop(short axis,long pos,double vel,double acc)	
axis	需要进行原点急停操作的轴号，取值范围：[1,8]
pos	搜索距离，以当前位置为起点，搜索距离为正时向正方向搜索，搜索距离为负时向负方向搜索，单位：脉冲
vel	搜索速度，单位：脉冲/毫秒
acc	搜索加速度，单位：脉冲/(毫秒*毫秒)
GT_HomeSts(short axis,unsigned short *pStatus)	
axis	需要查询自动回原点状态的轴号，取值范围：[1,8]
pStatus	查询到的状态值 0：自动回原点操作正在执行 1：自动回原点操作成功执行完毕

10.9.2 重点说明

10.9.2.1 使用前的注意事项

1．在实际应用中，使用者在进行多轴同时回零操作时，需确保不会因为同时回零而造成多轴之间干涉。

2．在使用本指令时，请确保没有同时使用 GTS 中运动程序的功能。自动回原点功能与控制

器的运动程序功能共用了运动控制器内的一些资源，所以这两个功能不能同时使用，如果在运动程序的使用过程中使用了自动回原点功能，则再次使用运动程序时，需要重新下载运动程序代码以及相关的初始化操作。如果在使用自动回原点功能的使用过程中使用了运动程序功能，则再次使用自动回原点功能前需要再次调用 GT_HomeInit()来进行自动回原点功能的初始化。

3．在使用过程中，需保证电机规划位置与编码器位置同向，即当规划位置增大时，编码器位置也在增大。

4．在自动回原点过程执行完毕后，进行零点清除前，需要设置一个延时操作，防止由于电机未到位而产生误差，延时操作一般要大于 100ms。

10.9.2.2 使用方法

1．自动回原点指令函数共有五个函数，GT_HomeInit()，GT_Home()，GT_Index()，GT_HomeStop()，GT_HomeSts()。其作用分别是 Home 回零模式初始化，Home 模式回零，Home+Index 模式回零，原点急停指令，以及查询回原点状态指令。

2．自动回原点功能的初始化

```
// 在进行所有轴的回原点操作之前，都需要进行自动回原点功能的初始化
rtn = GT_Open();
rtn = GT_Reset();
rtn = GT_HomeInit()
// 自动回原点功能初始化操作在每次打开卡时只需要调用一次，最好不要频繁调用
```

3．Home 信号回原点使用方法

```
rtn = GT_AxisOn(axis);
rtn = GT_Home(axis,pos,vel,acc,offset);
```

4．Home+Index 信号回原点使用方法

```
rtn = GT_AxisOn(axis);
rtn = GT_Index(axis,pos,offset);
rtn = GT_Home(axis,pos,vel,acc,offset);
```

5．HomeStop 急停操作

```
rtn = GT_AxisOn(axis);
rtn = GT_HomeStop(axis,pos,vel,acc);
```

6．在指令执行过程中，可以随时调用 GT_HomeSts 来查询当前清零操作的执行结果。当状态值为 0 时表示当前正在运行状态，当状态值为 1 时表示操作完成。

10.9.2.3 例程

```
#include "stdafx.h"
#include "gts.h"
int main(int argc, char* argv[])
{
    short rtn;
    unsigned short sts1,sts2;
    rtn = GT_Open();                    //打开运动控制器
    rtn = GT_Reset();                   //复位运动控制器
    rtn = GT_LoadConfig("test.cfg");    //下载配置文件
    rtn = GT_ClrSts(1,8);               //清楚状态
    rtn = GT_HomeInit();                // 初始化自动回原点功能
    rtn = GT_AxisOn(1);                 //使能轴 1
    rtn = GT_AxisOn(2);                 //使能轴 2
    rtn = GT_Index(1,20000,2000);       //轴 1 为 Home+Index 回零模式
    rtn = GT_Home(1,200000,50,0.5,2000);
    rtn = GT_Home(2,200000,50,0.5,3000);       //轴 2 为 Home 回零模式
    while (!kbhit())
    {
        rtn = GT_HomeSts(1,&sts1);              //查询返回状态
        rtn = GT_HomeSts(2,&sts2);
        printf("%d %d %d\r",sts1,sts2,rtn);
    }
    getch();
    return 0;
}
```

第十一章 指令列表

GT800PV 指令列表

系统配置	
GT_LoadConfig	加载运动控制器系统配置文件
GT_AlarmOff	控制轴驱动报警信号无效
GT_AlarmOn	控制轴驱动报警信号有效
GT_LmtsOn	控制轴限位信号有效
GT_LmtsOff	控制轴限位信号无效
GT_ProfileScale	设置控制轴的规划器当量变换值
GT_EncScale	设置控制轴的编码器当量变换值
GT_StepDir	将脉冲输出通道的脉冲输出模式设置为“脉冲+方向”
GT_StepPulse	将脉冲输出通道的脉冲输出模式设置为“CW/CCW”
GT_SetMtrBias	设置模拟量输出通道的零漂电压补偿值
GT_GetMtrBias	读取模拟量输出通道的零漂电压补偿值
GT_SetMtrLmt	设置模拟量输出通道的输出电压饱和极限值
GT_GetMtrLmt	读取模拟量输出通道的输出电压饱和极限值
GT_EncSns	设置编码器的计数方向
GT_EncOn	设置为“外部编码器”计数方式
GT_EncOff	设置为“脉冲计数器”计数方式
GT_SetPosErr	设置跟随误差极限值
GT_GetPosErr	读取跟随误差极限值
GT_SetStopDec	设置平滑停止减速度和急停减速度
GT_GetStopDec	读取平滑停止减速度和急停减速度
GT_LmtSns	设置运动控制器各轴限位开关触发电平
GT_CtrlMode	设置控制轴为模拟量输出或脉冲输出
GT_SetStopIo	设置平滑停止和紧急停止数字量输入的信息
GT_GpiSns	设置运动控制器数字量输入的电平逻辑
GT_SetAdcFilter	设置模拟量输入的滤波器时间参数(仅适用于 GTS-400-PX 控制器)
GT_CtrlMode	设置控制轴为模拟量输出或脉冲输出
GT_SetStopIo	设置平滑停止和紧急停止数字量输入的信息
GT_GpiSns	设置运动控制器数字量输入的电平逻辑
运动状态检测	
GT_GetSts	读取轴状态
GT_ClrSts	清除驱动器报警标志、跟随误差越限标志、限位触发标志 4. 只有当驱动器没有报警时才能清除轴状态字的报警标志 5. 只有当跟随误差正常以后，才能清除跟随误差越限标志 6. 只有当离开限位开关，或者规划位置在软限位行程以内时才能清除轴状态字的限位触发标志

GT_GetPrfMode	读取轴运动模式
GT_GetPrfPos	读取规划位置
GT_GetPrfVel	读取规划速度
GT_GetPrfAcc	读取规划加速度
GT_GetAxisPrfPos	读取轴(axis)的规划位置值
GT_GetAxisPrfVel	读取轴(axis)的规划速度值
GT_GetAxisPrfAcc	读取轴(axis)的规划加速度值
GT_GetAxisEncPos	读取轴(axis)的编码器位置值
GT_GetAxisEncVel	读取轴(axis)的编码器速度值
GT_GetAxisEncAcc	读取轴(axis)的编码器加速度值
GT_GetAxisError	读取轴(axis)的规划位置值和编码器位置值的差值
GT_Stop	停止一个或多个轴的规划运动，停止坐标系运动
点位模式	
GT_PrfTrap	设置指定轴为点位运动模式
GT_SetTrapPrm	设置点位模式运动参数
GT_GetTrapPrm	读取点位模式运动参数
GT_SetPos	设置目标位置
GT_GetPos	读取目标位置
GT_SetVel	设置目标速度
GT_GetVel	读取目标速度
GT_Update	启动点位运动
Jog 模式	
GT_PrfJog	设置指定轴为 Jog 模式
GT_SetJogPrm	设置 Jog 运动参数
GT_GetJogPrm	读取 Jog 运动参数
GT_SetVel	设置目标速度，单位是“脉冲/毫秒”
GT_GetVel	读取目标速度，单位是“脉冲/毫秒”
GT_Update	启动 Jog 模式运动
PT 模式	
GT_PrfPt	设置指定轴为 PT 模式
GT_PtSpace	查询 PT 指定 FIFO 的剩余空间
GT_PtData	向 PT 指定 FIFO 增加数据
GT_PtClear	清除 PT 指定 FIFO 中的数据 运动状态下该指令无效 动态模式下该指令无效
GT_SetPtLoop	设置 PT 模式循环执行的次数 动态模式下该指令无效
GT_GetPtLoop	查询 PT 模式循环执行的次数 动态模式下该指令无效
GT_PtStart	启动 PT 模式运动
GT_SetPtMemory	设置 PT 运动模式的缓存区大小
GT_GetPtMemory	读取 PT 运动模式的缓存区大小
电子齿轮模式	

GT_PrfGear	设置指定轴为电子齿轮模式
GT_SetGearMaster	设置跟随主轴
GT_GetGearMaster	读取跟随主轴
GT_SetGearRatio	设置电子齿轮比
GT_GetGearRatio	读取电子齿轮比
GT_GearStart	启动电子齿轮
Follow 模式	
GT_PrfFollow	设置指定轴为 Follow 模式
GT_SetFollowMaster	设置跟随主轴
GT_GetFollowMaster	读取跟随主轴
GT_SetFollowLoop	设置循环次数
GT_GetFollowLoop	读取循环次数
GT_SetFollowEvent	设置 Follow 模式启动跟随条件
GT_GetFollowEvent	读取 Follow 模式启动跟随条件
GT_FollowSpace	查询 Follow 指定 FIFO 的剩余空间
GT_FollowData	向 Follow 指定 FIFO 增加数据
GT_FollowClear	清除 Follow 指定 FIFO 中的数据 运动状态下该指令无效
GT_FollowStart	启动 Follow 模式运动
GT_FollowSwitch	切换 Follow 所使用的 FIFO
GT_SetFollowMemory	设置 Follow 运动模式的缓存区大小
GT_GetFollowMemory	读取 Follow 运动模式的缓存区大小
插补运动模式	
GT_SetCrdPrm	设置坐标系参数，确立坐标系映射，建立坐标系
GT_GetCrdPrm	查询坐标系参数
GT_CrdData	向插补缓存区增加插补数据
GT_LnXY	缓存区指令，两维直线插补
GT_LnXYZ	缓存区指令，三维直线插补
GT_LnXYZA	缓存区指令，四维直线插补
GT_LnXYG0	缓存区指令，两维直线插补(终点速度始终为 0)
GT_LnXYZG0	缓存区指令，三维直线插补(终点速度始终为 0)
GT_LnXYZAG0	缓存区指令，四维直线插补(终点速度始终为 0)
GT_ArcXYR	缓存区指令，XY 平面圆弧插补(以终点位置和半径为输入参数)
GT_ArcXYC	缓存区指令，XY 平面圆弧插补(以终点位置和圆心位置为输入参数)
GT_ArcYZR	缓存区指令，YZ 平面圆弧插补(以终点位置和半径为输入参数)
GT_ArcYZC	缓存区指令，YZ 平面圆弧插补(以终点位置和圆心位置为输入参数)
GT_ArcZXR	缓存区指令，ZX 平面圆弧插补(以终点位置和半径为输入参数)
GT_ArcZXC	缓存区指令，ZX 平面圆弧插补(以终点位置和圆心位置为输入参数)
GT_BufIO	缓存区指令，缓存区内数字量 IO 输出设置指令
GT_BufDelay	缓存区指令，缓存区内延时设置指令

GT_BufDA	缓存区指令，缓存区内输出 DA 值
GT_BufLmtsOn	缓存区指令，缓存区内有效限位开关
GT_BufLmtsOff	缓存区指令，缓存区内无效限位开关
GT_BufSetStopIo	缓存区指令，缓存区内设置 axis 的停止 IO 信息
GT_BufMove	缓存区指令，实现刀向跟随功能，启动某个轴点位运动
GT_BufGear	缓存区指令，实现刀向跟随功能，启动某个轴跟随运动
GT_CrdSpace	查询插补缓存区剩余空间
GT_CrdClear	清除插补缓存区内的插补数据
GT_CrdStart	启动插补运动
GT_CrdStatus	查询插补运动坐标系状态
GT_SetUserSegNum	缓存区指令，设置自定义插补段段号
GT_GetUserSegNum	读取自定义插补段段号
GT_GetRemainderSegNum	读取未完成的插补段段数
GT_SetOverride	设置插补运动目标合成速度倍率
GT_SetCrdStopDec	设置插补运动平滑停止、急停合成加速度
GT_GetCrdStopDec	查询插补运动平滑停止、急停合成加速度
GT_GetCrdPos	查询该坐标系的当前坐标位置值
GT_GetCrdVel	查询该坐标系的合成速度值
GT_InitLookAhead	初始化插补前瞻缓存区
PVT 模式	
GT_PrfPvt	设置指定轴为 PVT 模式
GT_SetPvtLoop	设置循环次数
GT_GetPvtLoop	查询循环次数
GT_PvtTable	向指定数据表传送数据，采用 PVT 描述方式
GT_PvtTableComplete	向指定数据表传送数据，采用 Complete 描述方式
GT_PvtTablePercent	向指定数据表传送数据，采用 Percent 描述方式
GT_PvtPercentCalculate	计算 Percent 描述方式下各数据点的速度
GT_PvtTableContinuous	向指定数据表传送数据，采用 Continuous 描述方式
GT_PvtContinuousCalculate	计算 Continuous 描述方式下各数据点的时间
GT_PvtTableSelect	选择数据表
GT_PvtStart	启动运动
GT_PvtStatus	读取状态
访问硬件资源	
GT_GetDi	读取数字 IO 输入状态
GT_GetDiRaw	读取数字 IO 输入状态的原始值
GT_GetDiReverseCount	读取数字量输入信号的变化次数
GT_SetDiReverseCount	设置数字量输入信号的变化次数的初值
GT_SetDo	设置数字 IO 输出状态
GT_SetDoBit	按位设置数字 IO 输出状态
GT_SetDoBitReverse	使数字量输出信号输出定时脉冲信号
GT_GetDo	读取数字 IO 输出状态
GT_GetEncPos	读取编码器位置
GT_GetEncVel	读取编码器速度

GT_SetEncPos	修改编码器位置
GT_SetDac	设置 dac 输出电压
GT_GetDac	读取 dac 输出电压
GT_GetAdc	读取模拟量输入的电压值
GT_GetAdcValue	读取模拟量输入的数字转换值
高速硬件捕获	
GT_SetCaptureMode	设置编码器捕获方式，并启动捕获
GT_GetCaptureMode	读取编码器捕获方式
GT_GetCaptureStatus	读取编码器捕获状态
GT_SetCaptureSense	设置捕获电平
GT_ClearCaptureStatus	清除捕获状态
安全机制	
GT_SetSoftLimit	设置轴正向软限位和负向软限位
GT_GetSoftLimit	读取轴正向软限位和负向软限位
运动程序	
GT_Download	下载运动程序到运动控制器
GT_GetFunId	读取运动程序中函数的标识
GT_GetVarId	读取运动程序中变量的标识
GT_Bind	绑定线程、函数、数据页
GT_RunThread	启动线程
GT_StopThread	停止正在运行的线程
GT_PauseThread	暂停正在运行的线程
GT_GetThreadSts	读取线程的状态
GT_SetVarValue	设置运动程序中变量的值
GT_GetVarValue	读取运动程序中变量的值
其他指令	
GT_Open	打开运动控制器
GT_Close	关闭运动控制器
GT_SetCardNo	切换当前运动控制器卡号
GT_GetCardNo	读取当前运动控制器卡号
GT_Reset	复位运动控制器
GT_GeVersion	读取运动控制器固件的版本号
GT_GetClock	读取运动控制器系统时钟
GT_GetClockHighPrecision	读取运动控制器系统高精度时钟
GT_AxisOn	打开驱动器使能
GT_AxisOff	关闭驱动器使能
GT_SetPrfPos	修改指定轴的规划位置
GT_SynchAxisPos	axis 合成规划位置和所关联的 profile 同步 axis 合成编码器位置和所关联的 encoder 同步
GT_ZeroPos	清零规划位置和实际位置，并进行零漂补偿
GT_SetAxisBand	设置轴到位误差带 规划器静止，规划位置和实际位置的误差小于设定误差带，并且在误差带内保持设定时间后，置起到位标志

GT_GetAxisBand	读取轴到位误差带
GT_SetControlFilter	设定 PID 索引，支持 3 组 PID 参数
GT_GetControlFilter	读取当前 PID 索引
GT_SetPid	设置 PID 参数
GT_GetPid	读取 PID 参数
GT_SetBacklash	设置反向间隙补偿的相关参数
GT_GetBacklash	读取反向间隙补偿的相关参数
GT_HomeInit	初始化自动回原点功能
GT_Home	启动自动回原点功能
GT_Index	设置自动回原点功能为 home+index 模式
GT_HomeStop	启动原点停止功能
GT_HomeSts	查询自动回原点的运行状态