

GUS 系列运动控制器

激光控制功能

R1.0

目录

1 概述	2
2 指令列表	2
3 重点说明	5
3.1 激光能量输出方式.....	5
3.2 激光开关光延时.....	7
4 插补过程中的激光操作	8
4.1 指令列表.....	8
4.2 例程.....	9
5 激光能量跟随距离功能	10
5.1 指令说明.....	10
5.2 例程.....	11

1 概述

GUS 激光运动控制器提供三种激光能量输出模式来控制激光输出能量大小：占空比模式，频率模式，模拟量模式。

GUS 控制器支持两路独立激光控制输出。

(1). 硬件接口说明

激光通道	控制模式	激光能量	激光开关
第一通道	占空比或频率	PWM0	PWM1
	模拟量	AO0	PWM1
第二通道	占空比或频率	PWM2	PWM3
	模拟量	AO1	PWM3

(2). 关于电平说明

每一路 PWM 输出包含两路差分信号，相位完全相反。

以第一通道能量输出 PWM0 为例：

- 复位时 PWM0+ 为高电平 表示能量输出为 0，低电平表示能量输出，占空比为低电平时间占周期的比例。
- 复位时 PWM0- 为低电平 表示能量输出为 0，高电平表示能量输出，占空比为高电平时间占周期的比例。

以第一通道开关信号 PWM1 为例：

- 复位时 PWM1+ 为高电平， 表示关闭激光，低电平表示打开激光。
- 复位时 PWM1- 为低电平， 表示关闭激光，高电平表示打开激光。
- 开关信号在使能 FPK 功能时转换为 FPK 输出功能，不再表示开关信号。
- 模拟量输出电平是指相对于控制器 GND 电平。

2 指令列表

指令	说明
GT_SetAxisMode	配置相应激光输出接口
GT_SetHSIOOpt	设置高速激光开关的状态
GT_GetHSIOOpt	获取高速激光开关的状态
GT_LaserPowerMode	设置激光能量输出方式及能量最大最小限制值
GT_LaserPrfCmd	设定激光输出能量的大小
GT_LaserOutFrq	当激光能量输出模式为占空比模式时，设置激光 PWM 信号输出的频率
GT_SetPulseWidth	当激光能量输出模式为频率模式时，设置固定脉宽值
GT_SetWaitPulse	当激光器为 CO2 激光器时，激光能量输出模式为 PWM 信号输出，可设置维持脉冲的占空比和频率
GT_SetPreVltg	当激光器为 CO2 激光器时，激光能量输出模式为模拟量输出，可设置预电压值

GT_SetLevelDelay	设置激光开关光延时时间
GT_EnaFPK	使能 FPK 功能
GT_DisFPK	取消 FPK 功能

指令参数说明

GT_SetAxisMode (short axis,short mode)					
axis	取值：7 或 8				
mode	7、8 支持参数：1 激光模式；仅 7 轴支持参数：0 轴控模式				
GT_SetHSIOOpt (unsigned short value,short channel)					
value	高速激光开关的电平状态 0：关闭激光； 1：打开激光；				
channel	激光通道号：0 或 1				
GT_GetHSIOOpt(unsigned short *pValue,short channel)					
pValue	读取高速激光开关状态				
channel	激光通道号：0 或 1				
GT_LaserPowerMode(short laserPowerMode,double maxValue,double minValue,short channel)					
laserPowerMode	激光能量输出模式 0：占空比输出模式 1； 1：频率输出模式； 2：模拟量输出模式； 3：占空比输出模式 2(此种工作模式下，激光开关信号为恒高)				
maxValue	占空比、频率或模拟量输出的最大值				
minValue	占空比、频率或模拟量输出的最小值 占空比模式下，最大最小值单位为%；频率模式下，最大最小值单位为 KHz；模拟量输出模式下，最大最小值单位为 V。 当激光能量输出模式为占空比输出模式或者频率输出模式时，其输出的 PWM 信号占空比和频率的范围和精度会根据所设置的 PWM 分辨率模式的不同而不同，具体参数如下表所示： <table border="1" data-bbox="694 1444 1141 1534"> <tr> <td>占空比范围</td> <td>频率范围</td> </tr> <tr> <td>0%~100%</td> <td>0KHz~2000KHz</td> </tr> </table> 当激光能量输出模式为模拟量输出时，范围为 0V~10V。 该指令只能在电机坐标系静止时执行该指令，否则该指令无效，并返回 1。	占空比范围	频率范围	0%~100%	0KHz~2000KHz
占空比范围	频率范围				
0%~100%	0KHz~2000KHz				
channel	激光通道号：0 或 1				
GT_LaserPrfCmd(double outputCmd,short channel)					
outputCmd	用户设定的输出能量 当能量输出模式为占空比输出时，该值为占空比的百分比，单位为：%； 当能量输出模式为频率输出时，该值为频率值，单位为：KHz； 当能量输出模式为模拟量输出时，该值为电压值，单位为：V。 当激光能量输出模式为占空比输出模式或者频率输出模式时，其输出的 PWM 信号占空比和频率的范围和精度会根据所设置的 PWM 分辨率模式的不同而不同，具体参数如下表所示： <table border="1" data-bbox="686 2004 1149 2049"> <tr> <td>占空比范围</td> <td>频率范围</td> </tr> </table>	占空比范围	频率范围		
占空比范围	频率范围				

		0%~100%	0KHz~2000KHz	
	当激光能量输出模式为模拟量输出时，范围为 0V~10V。			
channel	激光通道号：0 或 1			
GT_LaserOutFrq(double outFrq,short channel)				
outFrq	激光占空比输出的载波频率，取值范围为(0~2000KHz]。 该指令只在激光能量输出为占空比模式时有效。输出为占空比模式时，一定要设置 PWM 信号输出的载波频率，否则影响占空比输出。下限不能过低，上限不能超过激光器的最高响应频率。			
channel	激光通道号：0 或 1			
GT_SetPulseWidth(unsigned short width,short channel)				
width	固定脉宽值，单位：μs，取值范围：(0,65535] 该指令只在激光能量输出为频率模式时有效。输出为频率模式时，调用该指令设置 PWM 输出信号的脉宽值。需要注意所设置的固定脉冲宽度与周期的占空比关系，应当大于 0.1% 小于 100%。			
channel	激光通道号：0 或 1			
GT_SetWaitPulse(unsigned short mode,double waitPulseFrq,double waitPulseDuty,short channel)				
mode	待机脉冲输出是否有效，0：无效；1：有效			
waitPulseFrq	待机脉冲输出频率，范围：(0,2000]KHz			
waitPulseDuty	待机脉冲输出占空比，范围：[0,100]% 该指令只有在激光能量控制为 PWM 信号时有效			
channel	激光通道号：0 或 1			
GT_SetPreVltg(unsigned short mode,double voltageValue,short channel)				
mode	预电压输出是否有效，0：无效；1：有效			
voltageValue	预电压值，范围：[0,10]V 该指令只有在激光能量输出为模拟量输出模式时有效，维持电压在激光信号关闭时输出。			
channel	激光通道号：0 或 1			
GT_SetLevelDelay(unsigned short highLevelDelay,unsigned short lowLevelDelay,short channel)				
highLevelDelay	激光开关信号电平由高到低的延时时间，即关激光延时时间，取值范围为：[0,65535]μs；			
lowLevelDelay	激光开关信号电平由低到高的延时时间，即开激光延时时间，取值范围为：[0,65535]μs； 一旦设置了延时，将影响后面所有的高速 IO 输出的延时。			
channel	激光通道号：0 或 1			
GT_EnaFPK(unsigned short time1,unsigned short time2,unsigned short laserOffDelay,short channel)				
time1	表示 FPK 信号的有效电平持续时间，范围为：(0,65535]μs；			
time2	表示 FPK 信号开始和 Q 脉冲信号开始之间间隔的时间，范围为：[0,65535]μs；			
laserOffDelay	表示激光能量信号 PWM 延迟关闭的时间，范围为：[0,65535]μs；			

	<p>time1: 首脉冲抑制时间 (uS) time2: 首脉冲延时时间 (uS)</p>
channel	激光通道号: 0 或 1
GT_DisFPK(short channel)	
无参数	无效 FPK 信号
channel	激光通道号: 0 或 1

3 重点说明

3.1 激光能量输出方式

激光振镜运动控制器可提供四种激光能量输出模式，除模拟量输出模式外，首先需要配置激光输出通道，即调用函数 `GT_SetAxisMode(7,1)`配置第 1 激光通道或者 `GT_SetAxisMode(8,1)`配置第 2 激光通道，然后再分别根据如下模式操作：

- 占空比输出模式 1:

通过设置频率和占空比调节激光器能量。使用时调用函数 `GT_LaserPowerMode()`设置为占空比输出模式，调用函数 `GT_LaserOutFrq()`设置 PWM 信号的输出频率,调用函数 `GT_LaserPrfCmd()`设置 PWM 信号的输出占空比，调用函数 `GT_SetHSIOOpt()`启动输出。

- 频率输出模式:

通过设置频率和脉宽调节激光器能量。使用时调用函数 `GT_LaserPowerMode` 设置为频率输出模式，调用函数 `GT_LaserPrfCmd()`设置频率输出值，调用函数 `GT_SetHSIOOpt()`启动输出。

- 模拟量输出模式:

通过设置输出电压调节激光器能量。使用时调用函数 `GT_LaserPowerMode()`设置为 DA 输出模式，调用函数 `GT_LaserPrfCmd()`设置 DA 输出值，调用函数 `GT_SetHSIOOpt()` 启动输出。

- 占空比输出模式 2:

通过设置频率和占空比调节激光器能量，激光开关信号为恒高信号。使用时调用函数 `GT_LaserPowerMode()`设置为占空比输出模式 2，调用函数 `GT_LaserOutFrq()`设置占空比信号输出频率，调用函数 `GT_LaserPrfCmd()`设置占空比信号输出占空比，立即模式调用函数 `GT_SetHSIOOpt()`启动输出。

当激光能量输出模式为占空比输出模式或者频率输出模式时，其输出的 PWM 信号占空比和频率的范围如下表所示：

占空比范围	频率范围
0%~100%	0KHz~2000KHz

当激光能量输出模式为模拟量输出时，范围为 0V~10V。

激光振镜运动控制器根据不同的激光器的工艺需求提供不同的控制信号。

对于 CO2 激光器，激光振镜运动控制器提供了维持脉冲或者预电压使激光器不工作时仍然处于预热状态，避免激光器重新启动的延时。

对于 YAG 激光器，激光振镜运动控制器提供以下控制信号：

- Q 脉冲信号，其频率和脉宽可设置。参考上面频率控制信号和 PWM 控制信号说明。
- FPK 首脉冲抑制信号，能有效抑制“火柴头效应”，能防止光学元件表面受破坏。调用函数 GT_EnaFPK() 设置 FPK 信号，其余设置如上所述，调用函数 GT_DisFPK() 解除首脉冲抑制信号。
- DA 输出，调节 YAG 激光器泵浦电流。提供在缓冲区内设置 DA 输出的功能，用于控制 YAG 激光管的电流。

后文均以第 1 激光通道为例子：第 1 激光通道则 channel 为 0。

1. 占空比模式例程

如果用户需要通过调整脉冲占空比大小来控制激光能量输出大小，可以调用函数 GT_LaserPowerMode() 设置 PWM 输出为占空比调节方式。当为占空比调节模式时，通过调用函数 GT_LaserOutFrq() 设置 PWM 输出的频率，通过调用函数 GT_LaserPrfCmd() 调节 PWM 输出占空比，从而实现激光输出能量大小的控制。例程如下：

```

.....
rtn = GT_SetAxisMode (7,1);           // 配置第一路激光通道
rtn = GT_LaserPowerMode(0,100,10,0); // 设置激光能量控制方式为占空比模式
//最大占空比为 100%，最小占空比为 10%

rtn = GT_LaserOutFrq(10,0);          // 设置 PWM 输出的频率为：10KHz
rtn = GT_LaserPrfCmd(25,0);          // 设置占空比为 25%
rtn = GT_SetHSIOOpt(1,0);            // 打开激光开关
.....

```

2. 频率输出模式例程

如果用户需要通过调整脉冲输出频率大小来控制激光能量输出大小，可以调用函数 GT_LaserPowerMode() 设置 PWM 输出为频率调节方式，通过调用函数 GT_LaserPrfCmd() 调节 PWM 输出频率大小，调用函数 GT_SetPulseWidth() 设置 PWM 信号的脉宽，从而实现激光输出能量大小的控制。例程如下：

```

.....
rtn = GT_SetAxisMode (7,1);           // 配置第一路激光通道
rtn = GT_LaserPowerMode(1,1000,0,0); // 设置激光能量控制方式为频率输出
// 最高 1000kHz，最小 0kHz

rtn = GT_SetPulseWidth(10,0);         // 设置脉宽为：10μs
rtn = GT_LaserPrfCmd(20,0);           // 设置输出频率为 20KHz
rtn = GT_SetHSIOOpt(1,0);            // 打开激光开关

```

.....

3. 模拟量输出模式例程

如果用户需要通过调整模拟量输出来控制激光能量输出大小，可以调用函数 GT_LaserPowerMode()设置能量输出为模拟量输出模式，通过调用函数 GT_LaserPrfCmd()调节输出电压的大小，从而实现激光输出能量大小的控制。例程如下：

```

.....
rtn = GT_SetAxisMode (7,1);           // 注意!! 在设置为模拟量控制方式时，不要调用该指令配置
rtn = GT_LaserPowerMode(2,5,0,0);    // 设置激光能量控制方式为模拟量方式
                                        // 最大输出电压为 5V
                                        // 最小输出电压为 0V
rtn = GT_LaserPrfCmd(2.5,0);         // 设置输出电压为 2.5V
rtn = GT_SetHSIOOpt(1,0);            // 打开激光开关
.....

```

3.2 激光开关光延时

激光开关光延时包括激光的开延时和激光的关延时两种延时，延时的时间单位为 1μs。最大延时时间为 65535μs。函数 GT_SetLevelDelay()设置激光控制信号与运动之间的延时，开延时主要解决机械滞后引起的起笔重的现象，关延时主要解决机械惯性造成的终点不完整和封口等现象。

用户设置了激光开关的延时之后，一旦有激光开关的动作，控制器会自动插入延时。该延时时间只和激光开关有关。

考虑到机械系统的滞后性，用户需要设置激光开关的延时，否则会出现起始点处有激光打重点的情况(即火柴头现象)，如图 12-2-1 所示的现象：

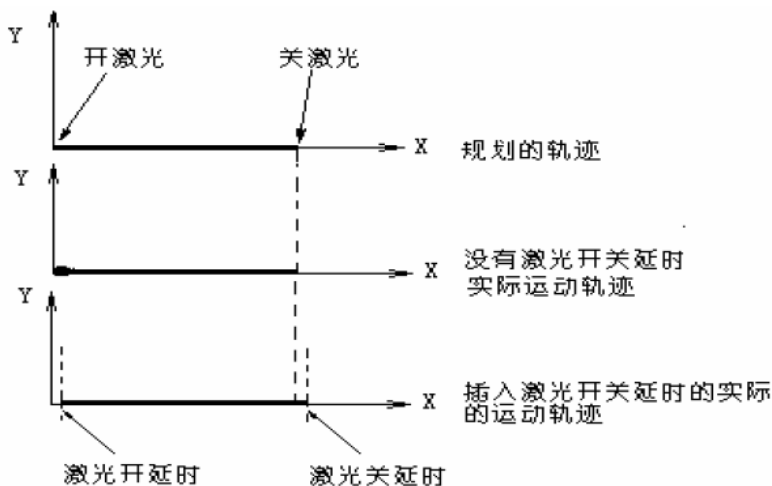


图 12-2-1 激光开关延时对轨迹的影响

激光开关光延时的大小和设定的速度和加速度有关，而且和实际的控制系統有关，用户应根据系统反复的调试才能有比较好的效果。一般情况下，关延时应该比开延时要长。

4 插补过程中的激光操作

4.1 指令列表

指令	说明
GT_BufLaserOn	缓存区指令，打开激光
GT_BufLaserOff	缓存区指令，关闭激光
GT_BufLaserPrfCmd	缓存区指令，设置激光能量
GT_BufLaserPrfFollow	缓存区指令，设置能量跟随的相关参数

指令参数说明

GT_BufLaserOn(short crd,short fifo=0,short channel)	
crd	坐标系号，取值范围：[1,2]
fifo	插补缓存区号，取值范围：[0,1]，默认为：0
channel	激光通道号：0 或 1
GT_BufLaserOff(short crd,short fifo=0,short channel)	
crd	坐标系号，取值范围：[1,2]
fifo	插补缓存区号，取值范围：[0,1]，默认为：0
channel	激光通道号：0 或 1
GT_BufLaserPrfCmd(short crd,double laserPower,short fifo=0,short channel)	
crd	坐标系号，取值范围：[1,2]
laserPower	设置的激光能量 当能量输出方式为PWM时，该值的取值范围：(0,100)，表示占空比 当能量输出方式为频率时，该值的取值范围：(0,2000)KHz，(具体的依激光频率分辨率而定) 当能量输出方式为模拟电压时，该值的取值范围：(0,10)V
fifo	插补缓存区号，取值范围：[0,1]，默认为：0
channel	激光通道号：0 或 1
GT_BufLaserPrfFollow(short crd,double ratio,long minPower,long maxPower,short fifo=0,short channel)	
crd	坐标系号，取值范围：[1,2]
ratio	能量跟随比率，激光能量根据该比例关系与合成规划速度关联，该变量必须为正数
minPower	最小激光能量 当能量输出方式为PWM时，该值的取值范围：(0,100)，表示占空比 当能量输出方式为频率时，该值的取值范围：(0,2000)KHz，(具体的依激光频率分辨率而定) 当能量输出方式为模拟电压时，该值的取值范围 (0,10)V
maxPower	最大激光能量，必须满足该条件：maxPower>minPower 当能量输出方式为PWM时，该值的取值范围：(0,100)，表示占空比 当能量输出方式为频率时，该值的取值范围：(0,2000)KHz，(具体的依激光频率分辨率而定) 当能量输出方式为模拟电压时，该值的取值范围：(0,10)V
fifo	插补缓存区号，取值范围：[0,1]，默认为：0
channel	激光通道号：0 或 1

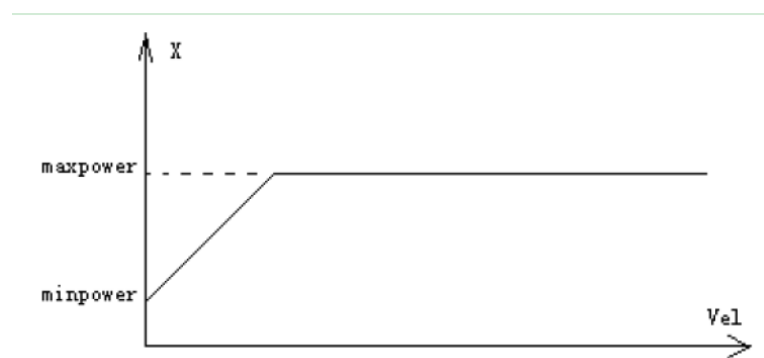
在插补运动过程中，不仅可以通过开关信号来控制激光器的开光(GT_BufLaserOn)和关光(GT_BufLaserOff)，同时也可以通过调节激光器的输出功率来控制激光器出光的强弱，从而满足更多的工

艺需求和提高加工的效果。

能量直接输出模式：直接输出方式为激光能量控制方式，通过调用缓存区指令 GT_BufLaserPrfCmd() 设置为激光能量直接输出方式，如果调用指令 GT_BufLaserPrfCmd() 设置了激光能量的大小，则当调用指令 GT_LaserOn() 开激光时，激光控制信号将按照用户设置的能量大小输出。

能量跟随模式：激光加工中，常常会在加工的起点和终点以及轨迹拐角处激光加工的比较重，这主要是由于加工过程中能量分布不均匀引起的，如果激光能量可以和加工速度协调输出(能量跟随)，则可以很好地解决上述问题。因此，控制器提供线性能量跟随的方式，即通过激光能量的输出严格的按照一定的函数关系和运动速度相匹配，即可达到激光能量分布均匀的效果。可以通过缓存区指令 GT_BufLaserPrfFollow() 设置为能量跟随模式，可以设置跟随的比例系数，同时也可以设置能量的最大值和最小值。

能量跟随模式下，激光能量控制信号的输出按照用户设定的跟随比例跟随合成规划速度，假设合成规划速度为 vel，单位为 pulse/ms，如果以占空比来控制能量的变化，需要的能量占空比输出为 x%，则它们之间的关系为 $x = \text{ratio} * \text{vel} + \text{minPower}$ ，其中 minPower 为用户设定的最小能量输出，如果以频率来控制能量的变化，则频率按跟随比例与合成速度的频率值成正比，公式同上。模拟量输出模式同理。用户在应用过程中，要保证 x 的值不能大于 maxPower(设定的最大能量值)，如果 x 的值大于 maxPower，则输出为 maxPower。其输出可用下图表示：



激光能量跟随关系

4.2 例程

能量直接输出模式：

以占空比控制方式为例，首先将原为轴控接口设置为激光控制接口，接着可以调用函数 GT_LaserPowerMode() 设置能量输出为占空比输出模式，然后通过调用函数 GT_LaserOutFrq() 设置 PWM 输出的频率。在插补运动过程中，调用函数 GT_BufLaserPrfCmd() 调节 PWM 输出占空比，从而在不同的插补段中实现激光输出能量大小的控制。例程如下：

```

.....
rtn = GT_SetAxisMode (7,1);           // 配置第一路激光通道
rtn = GT_LaserPowerMode(0,100,0,0);  // 设置激光能量控制方式为占空比模式
                                       // 最大占空比为 100%，最小占空比为 0%

rtn = GT_LaserOutFrq(10,0);          // 设置 PWM 输出的频率为：10KHz
.....
rtn = GT_CrdClear(1,0);              // 清除坐标系 1 的 FIFO 中的数据
rtn = GT_BufLaserOn(1,0,0);

```

```

rtn = GT_BufLaserPrfCmd(1,50,0,0);
rtn = GT_LnXY(1,100000,0,50,2,0,0); // 该段运行时，激光通道 1 占空比能量为 50%
rtn = GT_BufLaserPrfCmd(1,30,0,0);
rtn = GT_LnXY(1,0,10000,50,2,0,0); // 该段运行时，激光通道 1 占空比能量为 30%
.....
rtn = GT_BufLaserOff(1,0,0); // 关闭激光通道 1 输出
rtn = GT_CrdStart(1,0); // 启动坐标系 1 的 FIFO0 的插补运动
.....

```

能量跟随模式：

同样以占空比控制方式为例，首先将原为轴控接口设置为激光控制接口，接着可以调用函数 GT_LaserPowerMode() 设置能量输出为占空比输出模式，然后通过调用函数 GT_LaserOutFrq() 设置 PWM 输出的频率。在插补运动前，调用函数 GT_BufLaserPrfFollow () 设置能量跟随的比率、能量的最小值、能量的最大值，从而根据插补过程中的速度变化来实现激光输出能量大小的控制。例程如下：

```

.....
rtn = GT_SetAxisMode (7,1); // 配置第一路激光通道
rtn = GT_LaserPowerMode(0,100,0,0); // 设置激光能量控制方式为占空比模式
// 最大占空比为 100%，最小占空比为 0%

rtn = GT_LaserOutFrq(10,0); // 设置 PWM 输出的频率为：10KHz
..... // 建立插补坐标系 1
rtn = GT_CrdClear(1,0); // 清除坐标系 1 的 FIFO0 中的数据

rtn = GT_BufLaserPrfFollow(1,0.1,10,100,0,0); // 设置跟随的比率为 0.1
// 最小能量为 10%
// 最大能量为 100%

rtn = GT_BufLaserOn(1,0,0);
rtn = GT_LnXY(1,100000,0,50,2,0,0); // 运动过程中根据坐标系的规划合成速度进行激光能
// 量的调整

rtn = GT_LnXY(1,0,10000,50,2,0,0);
.....
rtn = GT_BufLaserOff(1,0,0); // 关闭激光通道 1 的输出
rtn = GT_CrdStart(1,0); // 启动坐标系 1 的 FIFO0 的插补运动
.....

```

5 激光能量跟随距离功能

能量跟随距离功能在原能量计算模块的基础上，根据各轴的规划位置或者实际位置，叠加输出与相对位移成比例的激光能量。

5.1 指令说明

指令	说明
GT_SetLaserDisMode	设置能量跟随距离模式，当使能跟随功能后，设置跟随比例，并指定与能量相关的运动轴，即轴的运动会影响能量的大小的轴，同时指定该轴的基准点，即在基准点处，能量为原能量输出，当远离该基准点时，能量会增大或减小

GT_SetLaserDisRatio	<p>只有在使能能量跟随距离模式后才允许设置跟随比例。</p> <p>使能了能量跟随距离模式以后，可以在任意时刻调用该指令设置能量跟随距离的跟随比例。</p>
----------------------------	---

指令详细说明

GT_SetLaserDisMode (short mode,short source,long *pPos,double *pScale,short channel=0)	
mode	0:不使能能量跟随距离模式，1：使能能量跟随距离模式，默认为0；
source	source为能量跟随源；0为跟随规划位置，1为跟随实际位置。
pPos	pPos:4个轴的参考点坐标指针，单位为 pulse；
pScale	pScale:4个轴的脉冲当量值指针，单位为 pulse/mm。
channel	激光通道号：0 或 1
GT_SetLaserDisRatio (double *pRatio,double manpower,double maxPower,short channel=0)	
pRatio	<p>pRatio: 4个轴各自的跟随比例，可以是0，正数或者负数。当为0时，表示不跟随，当大于0时，表示随着距离的增大而增大，当小于0时，表示随着距离的增大而减小。该参数的含义如下：</p> <p>在占空比输出模式表示增大或者减小Ratio*1%/mm；</p> <p>在频率输出模式下表示增大或者减小Ratio*1khz/mm；</p> <p>在电压输出模式下表示增大或者减小Ratio*1v/mm；</p> <p>minPower 能量跟随最小输出</p> <p>maxPower 能量跟随最大输出</p>
channel	激光通道号：0 或 1

5.2 例程

能量跟随距离模式：

以占空比控制方式为例，例程如下：

```

.....
// 设置能量跟随距离的参数
long pos[4] = {0,0,0,0};
double scale[4] = {1000,1000,1000,1000};
double ratio[4] = {0.1,0.1,0.1,0.1};

rtn = GT_SetAxisMode (7,1);           // 配置第一路激光通道
rtn = GT_LaserPowerMode(0,100,0,0);  // 设置激光能量控制方式为占空比模式
// 最大占空比为 100%，最小占空比为 0%

// 设置能量距离补偿
rtn = GT_SetLaserDisMode(1,0,pos,scale,0);
rtn = GT_SetLaserDisRatio(ratio,10,100,0); //最小跟随 10%，最大跟随 100%

rtn = GT_LaserOutFrq(10,0);          // 设置 PWM 输出的频率为：10KHz
.....
rtn = GT_CrdClear(1,0);              // 清除坐标系 1 的 FIFO0 中的数据

rtn = GT_BufLaserPrfFollow(1,0.1,0,10,0,0); // 设置跟随的比率为 0.1%
// 最小能量为 0%
    
```

最大能量为 10%

```
rtn = GT_BufLaserOn(1,0,0);  
rtn = GT_LnXY(1,100000,0,50,2,0,0); // 运动过程中根据坐标系的规划合成速度进行激光能量  
                                        的调整  
  
rtn = GT_LnXY(1,0,10000,50,2,0,0);  
.....  
rtn = GT_BufLaserOff(1,0,0);           // 关闭激光通道 1 的输出  
rtn = GT_CrdStart(1,0);                // 启动坐标系 1 的 FIFO0 的插补运动  
.....
```