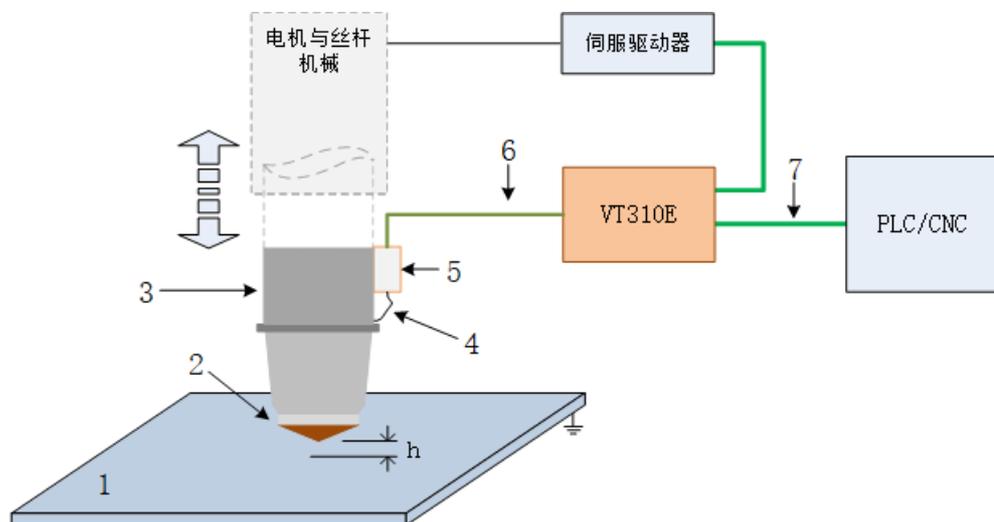


# 产品介绍

VT310E是一款基于EtherCAT通讯的位置传感控制器，通过前置放大器采集切割头喷嘴和工件之间的电容信息，再经由控制盒进行分析处理，能实现在高速运动状态下对位置高度的实时精准定位。

## 系统连接

系统连接示意图如下：



1.待加工工件 2.切割头喷嘴 3.切割头本体 4.射频线 5.前置电容放大器SE001 6.M16三芯航空电缆线（传感器信号线） 7.EtherCAT连接线缆 h.喷嘴与工件的距离

标配组件包括：

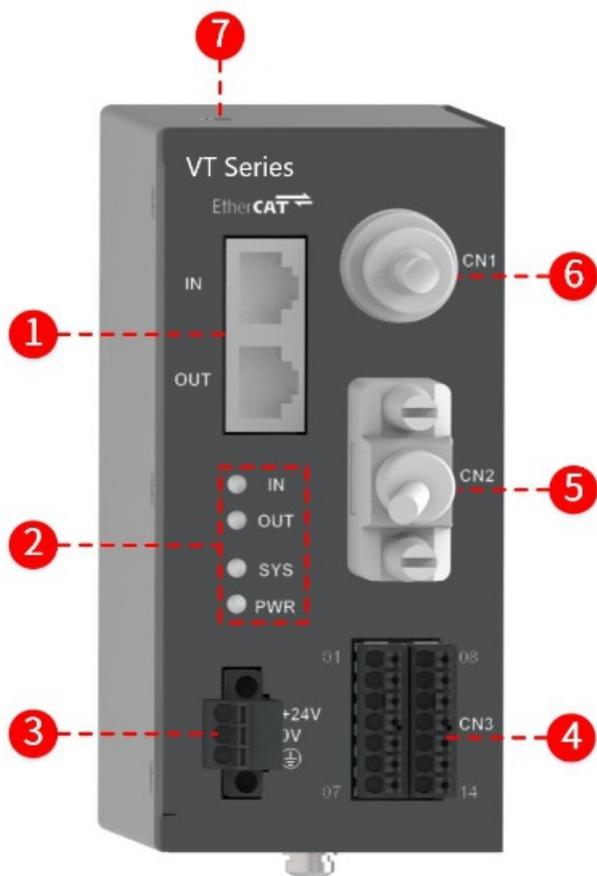
配件名称	数量	标配型号	选配规格
控制盒	1	VT310E	-
前置电容放大器	1	SE001	-
射频线	1	SMA/JW-SMA/J 200mm	-
M16三芯航空插头拖链电缆线	1	5000mm	□ 15000mm □ 20000mm □ 30000mm

为搭建完整的系统，客户端还需配置：

- 一台带EtherCAT主站的控制器（例如PLC/CNC，与VT310E通信）
- 一套控制随动轴运动的伺服驱动器及电机（由PLC/CNC控制运动）
- 一套切割头（可与SE001组装）

## VT310E

产品外观及接口



1.EtherCAT接口 2. 指示灯 3. 电源接口 \*4. 输入/输出接口 \*5.伺服驱动器接口 6.前置电容放大器接口 7.USB通讯接口

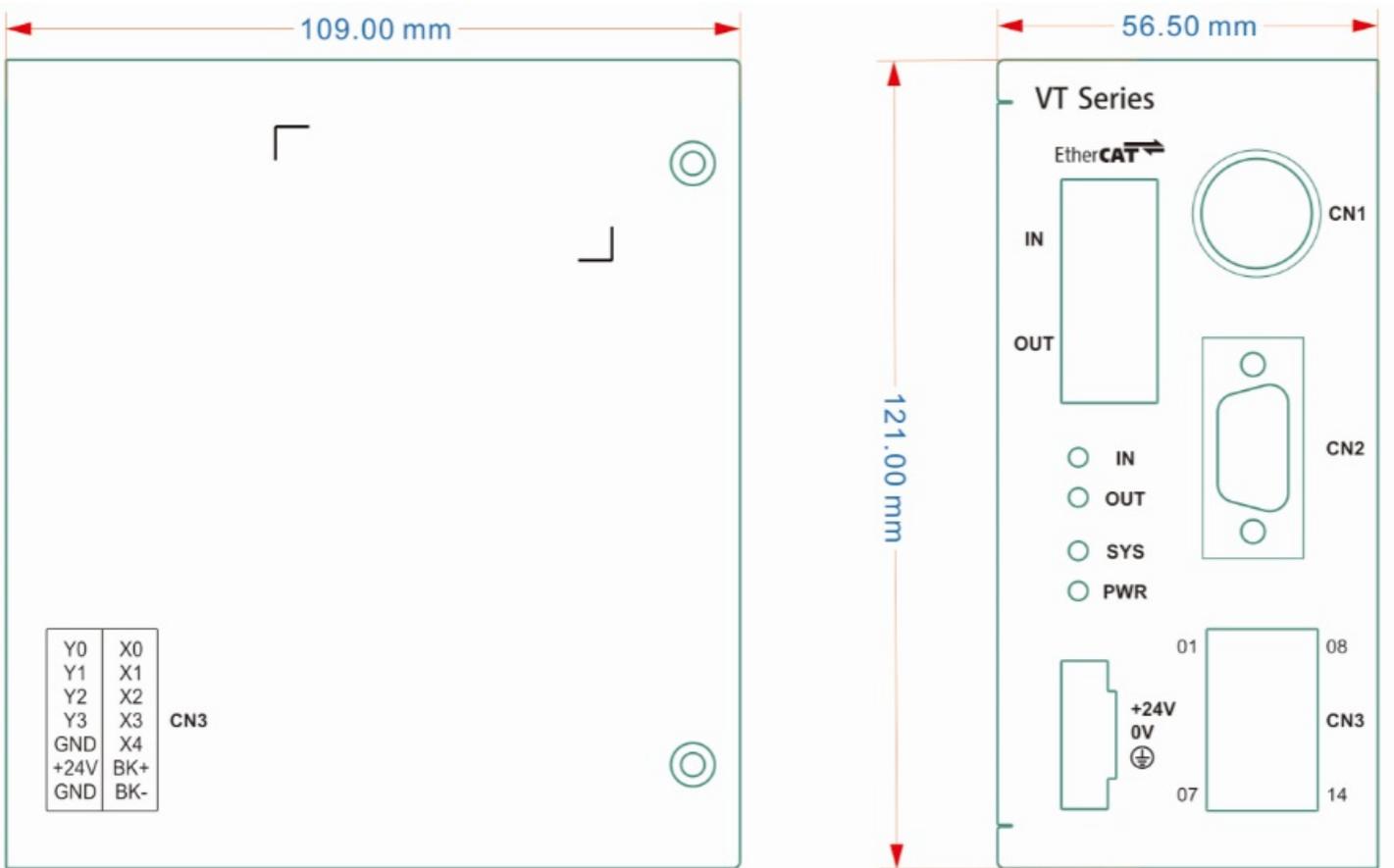
\*注：4和5为本系统其它型号产品使用，VT310E不支持。

接口功能如下表所示，详细的接口定义参见 [接口说明](#)。

接口名称	接口功能
EtherCAT接口	用于EtherCAT通信，传输速率100Mbps。 IN 接上行EtherCAT主站，OUT连接下一个EtherCAT从机
指示灯	用于指示控制器状态。 <b>PWR</b> 为电源指示灯，指示供电是否正常。 <b>SYS</b> 为系统指示灯，可标识不同状态： □ 闪烁频率0.33Hz：EtherCAT为非OP状态； □ 闪烁频率2Hz：EtherCAT为OP状态，可通讯； □ 闪烁频率10Hz：硬件自校验失败； □ 闪烁频率1Hz和3Hz交替闪烁：XML(ESI)文件读取失败； <b>IN、OUT</b> 为EtherCAT指示灯，常亮表示已连接，闪烁表示正在进行数据通讯。
电源接口	用于连接24VDC电源。
前置电容放大器接口	用于连接前置电容放大器SE001。
USB通讯接口	连接主机，与调试软件iFollow通讯，用于实现内部调试、固件升级等功能。

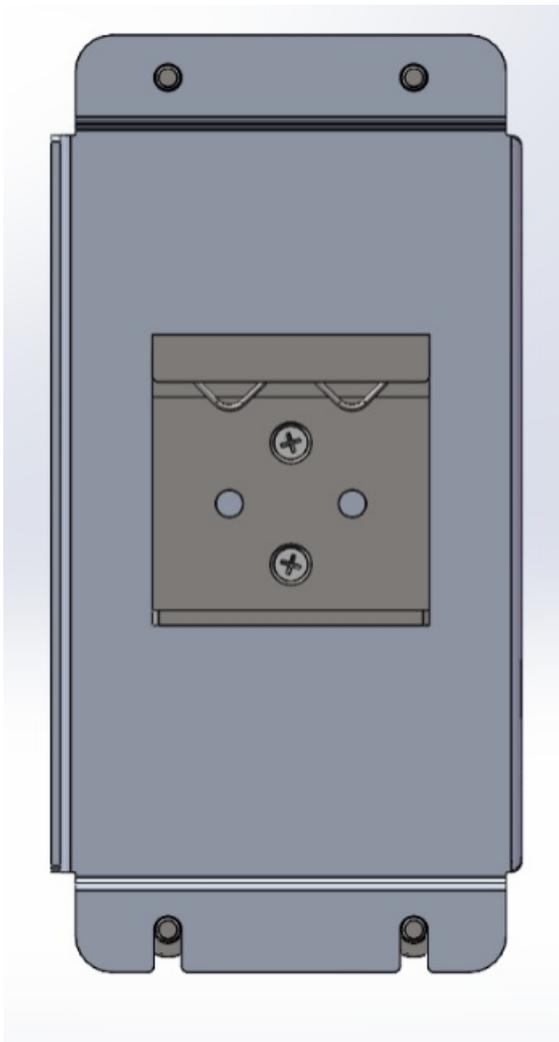
## 安装尺寸

正视图、侧视图如下所示（单位：mm）：



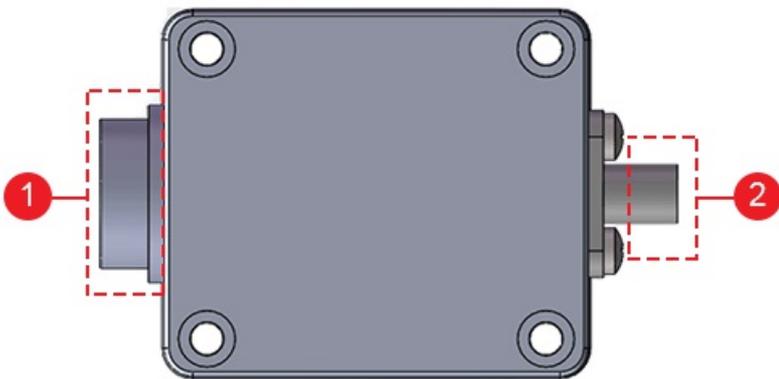
安装方式:

VT310E结构背面预装有DIN导轨固定卡扣, 可安装于35 \* 7.5mm (宽度 \* 深度) 的导轨。



## 前置放大器SE001

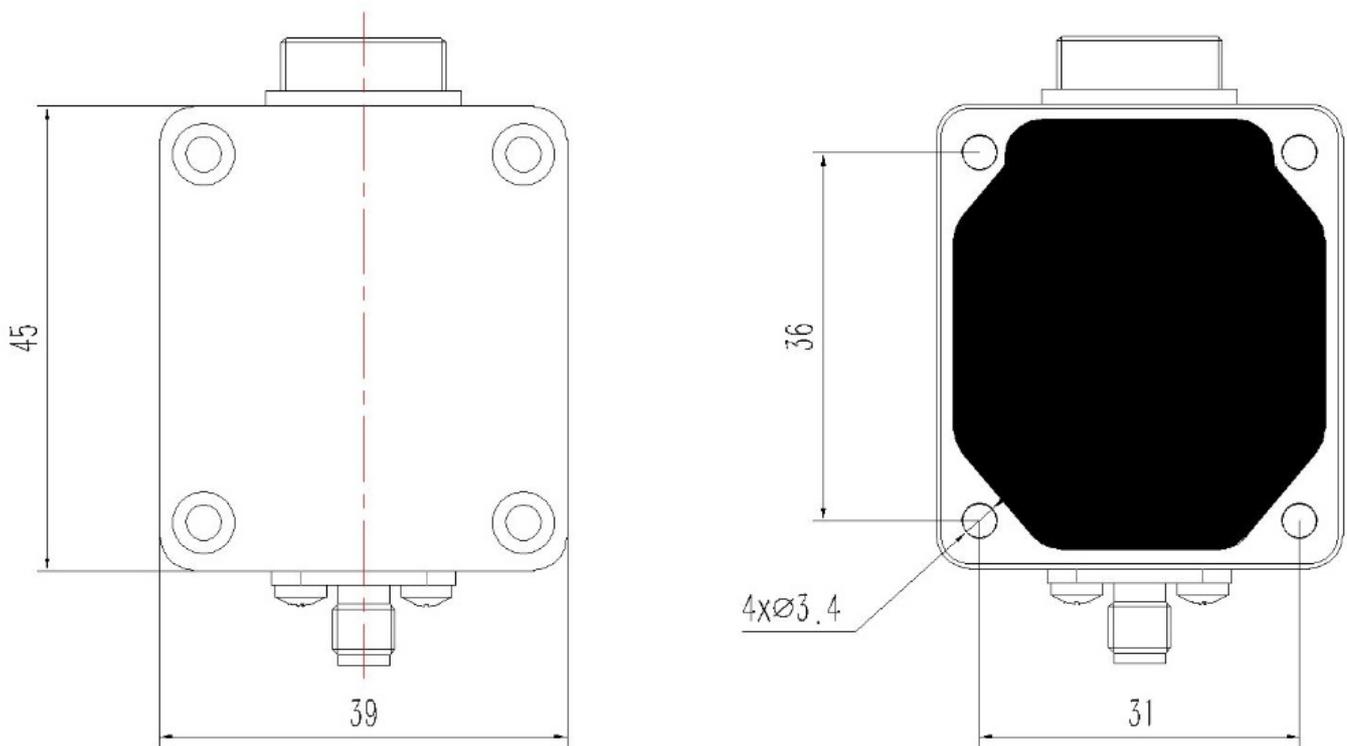
产品外观及接口



1.M16航空电缆线接口 2.SMA射频线接口

安装尺寸

SE001正视图、后视图（尺寸图）如下图所示（单位:mm）：



## 功能特性

- 支持16点电容标定
  - 标定高度可通过SDO灵活设置
  - 主动识别标定过程的多种异常（例如电容值波动过大或趋势错误等）
- 支持喷嘴丢失点标定，可实现检测超量程和喷嘴丢失的实时报警
- 根据标定数据和实时电容采样值，精准计算并反馈当前高度信息
- 开放多个检测阈值参数供用户设置，可以兼容不同的应用场景需求
- 提供系统运行状态和故障信息，便于诊断分析
  - 面板上的SYS指示灯可快速识别系统是否正常运行
  - 可通过SDO读取具体的内部运行状态（标定/测量/调试等）
  - 通过PDO组合，可以获取报警信息
- 支持固件在线更新

## 规格参数

规格名称	参数值
供电电压	24VDC ± 10%
测量范围	0.1 ~ 25mm（测量的最大值受标定高度限制）
控制周期	1ms
工作温度	0℃~55℃
工作湿度	10%~95%（无冷凝水）

规格名称	参数值
存储温度	-40℃~70℃

# 安装注意事项

VT310E连接时，对连接线缆的要求如下：

- 供电线可以使用非屏蔽的三芯线，PE线需要连接至机床控制柜的地线。
- EtherCAT传输线需要使用带屏蔽层的网线。
- 供电线推荐使用最小  $\varphi 0.5\text{mm}^2$  规格。
- 接地线推荐使用最小  $\varphi 1.5\text{mm}^2$  规格。

为了保证系统测量的稳定和准确，并符合CE标准规定的EMS和EMI特性，必须遵守以下基本规则：

- 机床的金属结构件和SE001的外壳是被测电容的负极，需确保SE001的外壳与机床金属结构件良好导通
- 保证VT310E外壳（接地端子）和机床控制柜之间有良好的电气连接（直流电阻小于 $10\Omega$ ）。
- 保证VT310E与前置电容放大器外壳之间的低阻抗连接（直流电阻小于 $10\Omega$ ）。
- 保证机床控制柜星型接地。
- 出于安全考虑，在VT310E电源的PE端子与机床控制柜的星型接地点之间额外加一根接地线。
- 模拟信号线与数字信号线、电源线之间分开走线，以避免产生干扰，使控制器运行不正常。

# 接口说明

## 电源接口

电源接口是一个三芯端子，各引脚定义如下：

端口名称	端口说明
+24V	连接至直流电源的24 V或输出
0V	连接至直流电源的 0V/COM 或负极
PE	连接机床的接地线 注意：请勿将PE端子连接至供电线的中性线。

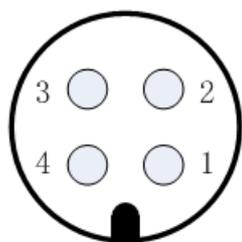
## EtherCAT接口

EtherCAT接口包含两个以太网端口，分别为IN和OUT。

端口名称	端口说明
IN	连接EtherCAT主站或上一级从站的OUT
OUT	连接下一级EtherCAT从站的IN

## 电容放大器接口

如下图所示为传感器M16接口。



传感器M16接口的引脚号定义参见下表：

引脚号	定义
1	+5 V：电源
2	GND：电源地
3	SIG：信号
4	PE：屏蔽层

## USB接口

连接安装了VT310E调试软件iFollow的计算机，可进行固件更新。

# 功能描述

## 系统状态指示

VT310E运行过程有5种状态，通过读取FAR/ COLLISION/ READY/ POS\_REACHED四个PDO的组合状态（索引号0x1A00），可查看当前工作状态。

各状态对应关系如下表所示：

状态类型	FAR	COLLISION	READY	POS_REACHED	状态说明
INITIALIZATION	0	0	0	0	初始状态
NORMAL	0	0	1	0	正常运行状态
FAR	1	0	1	0	超出测量范围，但未达到喷嘴丢失报警的电容阈值
TIP TOUCH	0	1	0	0	切割头碰板
NOZZLE LOST	1	1	0	1	切割头喷嘴丢失
ERROR	0	1	0	0	标定过程出错

### NOTE

- 当VT310E内部无标定数据时，会持续处于INITIALIZATION状态；
- 当VT310E标定数据正常时，会自动由INITIALIZATION切换至NORMAL状态；
- FAR、TIP TOUCH、NOZZLE LOST、ERROR为报警提示。

## 16点电容标定

### 功能简介

在开始高度测量前，系统需要预先进行位置标定，建立高度和电容的对应关系表。通过与主机间约定控制时序，由主机控制指定的PDO触发标定。VT310E在标定范围内依次采样16个标记点电容和喷嘴丢失点电容，完成电容标定和喷嘴丢失点标定。

### 关联参数

标定开始前，需完成以下参数设置：

- 标定长度（Meas\_mm）
- 电容采样允许误差（Tolerant CapErr）

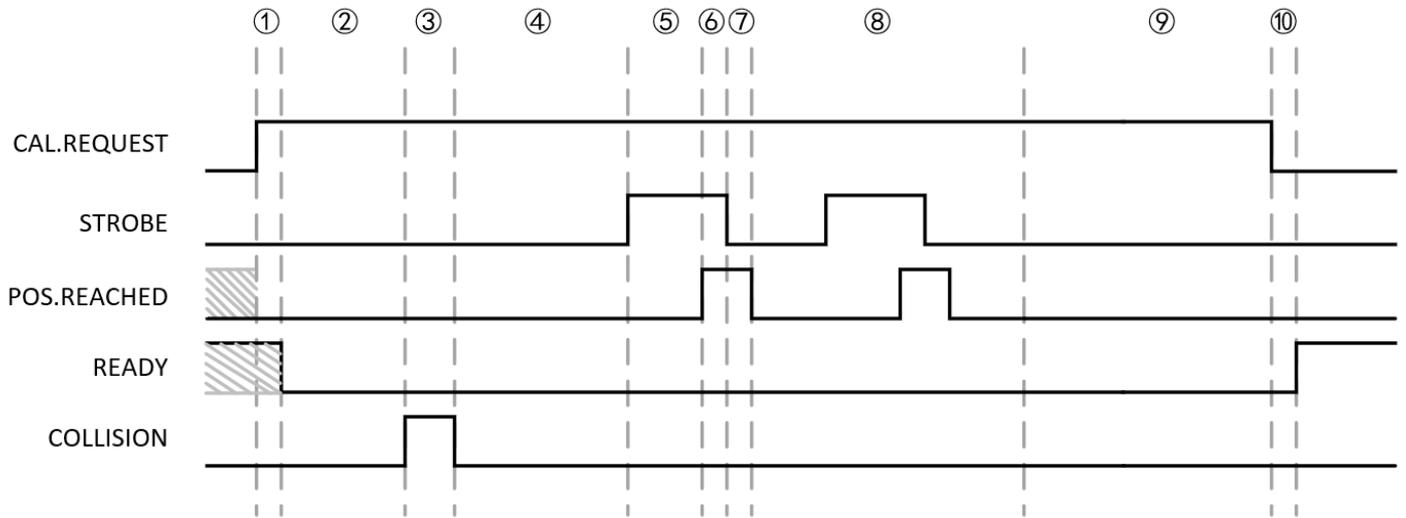
### 标定控制时序

关联的PDO说明：

主机控制PDO	功能说明	VT310E控制PDO	功能说明
CAL_REQUEST	上升沿：启动标定 下降沿：结束标定	READY	0：系统就绪，可开始标定 1：系统未就绪，无法标定
STROBE	0：未到达标定点 1：到达标定点	COLLISION	0：未碰板 1：碰板

主机控制 PDO	功能说明	VT310E控制 PDO	功能说明
		POS.REACHED	0: 当前标定电容采集成功 1: 标定电容未采集成功

标定控制时序图如下：



1. 主机发送CAL\_REQUEST为1请求开始标定。VT310E在收到CAL\_REQUEST为1后10ms内控制READY为0，表示系统就绪，可以开始标定。
2. 主机控制驱动器向工件方向运动。当检测到切割头碰板，VT310E控制COLLISION为1，表示碰板状态。
3. 主机检测到COLLISION为1后控制切割头向远离工件方向运动。VT310E在切割头离开工件后5ms内控制COLLISION为0，表示取消碰板状态。
4. 主机控制切割头运动到16点标定的第一个位置点，之后发送STROBE为1，表示到达标定点。
5. VT310E收到STROBE为1后，开始采样电容值。当检测到电容波动值小于设定的电容采样允差，则判定为电容值有效，当前标记点采集成功，同时控制POS\_REACHED为1。
6. 主机检测到POS\_REACHED为1后，发送STROBE为0。
7. VT310E检测到STROBE为0后，1ms内控制POS\_REACHED为0，表示当前点采集结束，可以进行后续点的标定。
8. 循环执行4~7步骤，进行剩余15个点的标定。
9. 主机控制切割头运动到与工件的距离大于30mm的位置，保持200ms以上的静止状态，之后发送CAL\_REQUEST为0，请求退出标定状态。VT310E此时完成喷嘴丢失点的标定过程。
10. VT310E在收到CAL\_REQUEST信号低电平后10ms内控制READY信号输出高电平，同时进入空闲状态。

#### ⚠ CAUTION

- 9、10两个步骤是进行喷嘴丢失点的标定，在标定过程必须进行。如果没有进行这两个步骤，则会导致标定失败。
- 如果标定过程中断（失败），VT310E会控制TxPDO\_COLLISION为1。
- 如果标定过程中断（失败），需要从第1步开始重新进行16点电容标定。
- 如果在标定开始前，VT310E中储存有标定数据，标定中断（失败）后在测量模式下仍使用之前的标定数据。

#### 16点标定参考距离

标定过程中的16个参考点位置，是由VT310E预先内置确定。主机需控制驱动器依次运行到指定位置。

以标定长度20mm为例，各参考点高度要求如下：

参考点序号	距板高度(MM)
1	20
2	16
3	14
4	12
5	10
6	8
7	6
8	5
9	4
10	3.6
11	3
12	2.4
13	2
14	1.4
15	1
16	0.4
喷嘴丢失点	>30

#### **NOTE**

- 重新设置标定长度后须按比例调整16点标定的距板高度。如标定长度设置为10mm，标定点1距板高度为10mm，标定点2距板高度为8mm，以此类推。
- 不管标定长度设置多少，喷嘴丢失点的距板高度都要>30mm。

## 喷嘴丢失点电容标定

### 功能简介

喷嘴丢失点电容标定功能，除在16点电容标定过程中执行外，也可单独进行标定。

### 关联参数

- [电容采样允许误差 \(Tolerant CapErr\)](#)

### 控制时序

关联的PDO说明：

主机控制PDO	功能说明	VT310E控制PDO	功能说明
NL_STROBE	上升沿：启动标定 下降沿：结束标定	READY	0：系统就绪，可开始标定 1：系统未就绪，无法标定

标定前置条件：

- 系统处于NORMAL状态

控制时序要求：

1. 主机控制切割头运动到喷嘴丢失标定点（大于30mm），发送NL STROBE为1并保持至少200ms，之后置为0。
2. VT310E在收到NL STROBE为1时，开始采样电容值。在检测到NL STROBE为0后，记录200ms的平均电容值作为喷嘴丢失点电容，并置READY信号为1。
3. 完成标定后，VT310E自动进入测量模式。

#### **NOTE**

- 在进行喷嘴丢失点电容标定时应保持切割头在大于30mm位置静止。
- NL STROBE信号置1的时候至少保持200ms。
- VT310E会对采集的电容值分析，仅当电容波动值小于电容采样允差时，才判定电容有效。

## 高度测量

功能描述

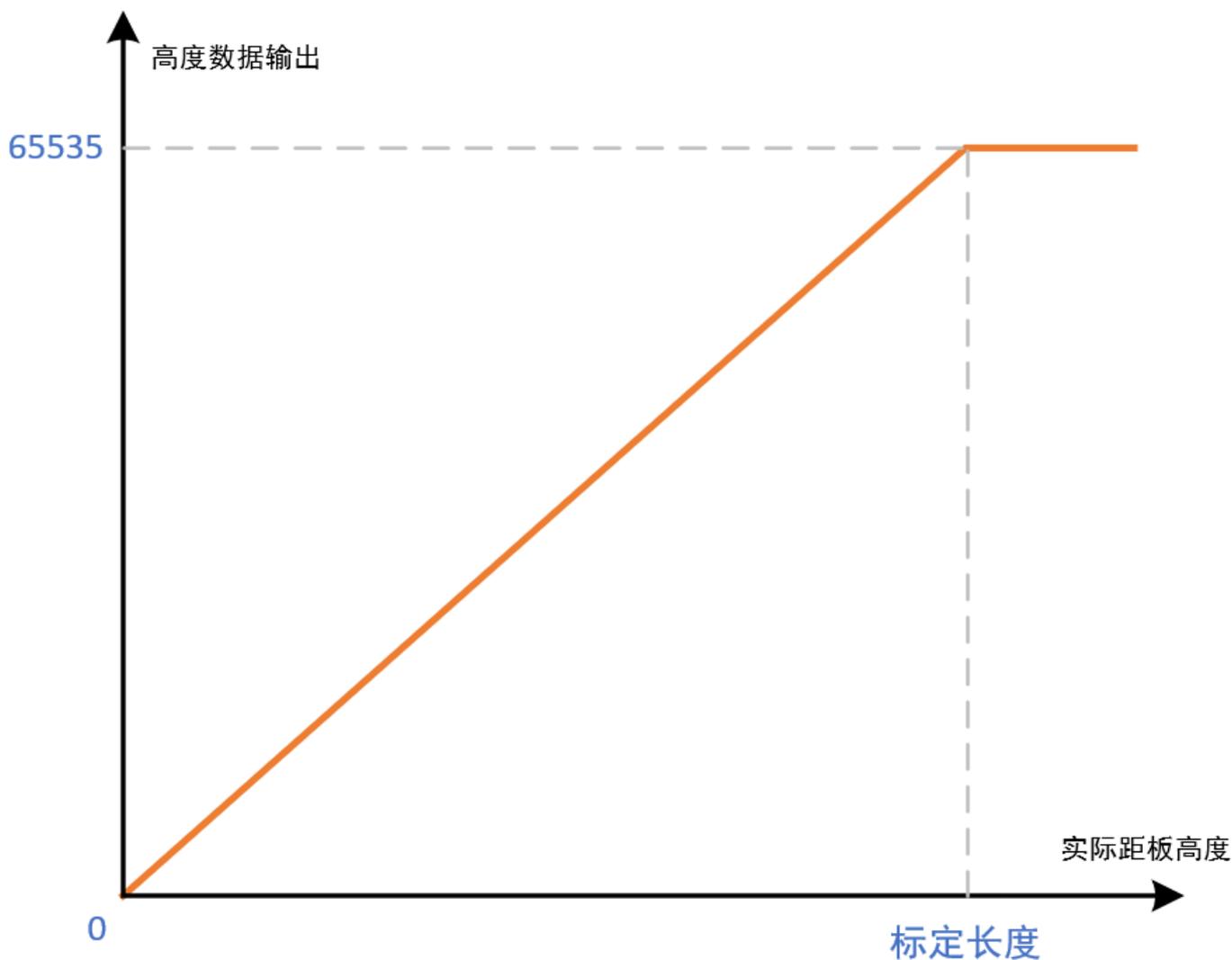
VT310E在完成16点电容标定后，可以进入NORMAL状态，进行实时的高度测量。具体包含以下功能：

- 根据标定数据和当前电容采样值，通过PDO（DAC）实时反馈高度数据
- 当检测到切割头碰板，超标定范围，喷嘴丢失时，切换系统状态并提示报警，具体参见[系统状态指示](#)。

#### **NOTE**

在碰板状态下，DAC值为0；在超量程/喷嘴丢失状态下，DAC值为65535。

实时高度数据是根据标定曲线通过等比例线性计算得出。距板高度与高度数据输出（DAC）值的对应关系如下图所示：



#### 关联参数

- 喷嘴丢失报警阈值 (Tolerant LozzLost)
- 碰撞阈值 (TT LEVEL)
- 碰撞延时 (ColDelay)
- 喷嘴丢失检测开关 (LozzLost)
- 高度输出滤波时间 (Fi\_UPLAS)

## 辅助功能

#### 参数读写

VT310E中与功能相关的核心参数参见[参数说明](#)。参数可通过EtherCAT对象字典的索引访问实现读写。

#### ⚠ CAUTION

- 设置参数不能超出允许的参数范围，否则设置无效。
- 参数设置完成后立即生效。
- 如需将本次设置值保存至本机中，需通过操作PDO（保存）实现；否则断电重启后，参数会恢复为上一次保存值。

#### 固件更新

VT310E可通过USB通讯接口连接装有调试软件iFollow的主机，执行固件更新操作。

**操作步骤：**

1. 通过iFollow连接设备，读取到设备名 *VT310E* 。
2. 点击固件更新按钮，选择 *VT310E-FPGA* 为前缀的bin文件，点击打开进行固件更新操作。
3. 更新过程会显示更新进度，等更新完成后会弹窗提示更新成功。
4. 重启VT310E设备后，开始正常运行。

# 参数说明

VT310E的功能相关参数汇总如下：

参数	SDO名称	设置范围	默认值	精度	单位
标定长度	Meas_mm	5~25	20	1	mm
电容采样允许误差	Tolerant CapErr	5~60000	1000	-	-
喷嘴丢失报警阈值	Tolerant LozzLost	10~60000	2000	-	-
高度输出滤波时间	Fi_UPLAS	1~50	6	1	ms
碰撞阈值	TT LEVEL	0~100	10	1	0.01mm
碰撞延时	ColDelay	0~1020	50	1	ms
喷嘴丢失检测开关	LozzLost	0~1	1	-	-
标定位delta值检测开关	Delta	0~1	1	-	-

## 标定长度（Meas\_mm）

电容标定的标定长度。参数设置后即生效，在进行电容标定前应先保证设置的标定长度和将要进行的16点电容标定对应。

## 电容采样允许误差（Tolerant CapErr）

参数设置后即生效。为了保证电容标定的准确性，要求在进行16点标定时，在每个参考点进行100ms的电容采样时电容稳定。

- 如果在参考点进行电容采样过程中电容的波动超过该参数值，则会标定中断（失败）。
- 如果现场有较大的电磁干扰导致电容信号产生较大波动时，可能需要适当增大该值。

## 喷嘴丢失报警阈值（Tolerant LozzLost）

参数设置后即生效。该参数可降低喷嘴丢失报警的情况，当检测到的电容值大于标定时采集的喷嘴丢失点电容且超过该阈值后才会出发喷嘴丢失报警。

## 高度输出滤波时间（Fi\_UPLAS）

参数设置后即生效。为了降低激光发射过程中等离子体或飞溅对于电容的波动影响，增加了一个均值滤波器。VT310E将经过该均值滤波器的高度数据进行输出，非常短的干扰峰值因此会被抑制。该参数为均值滤波器的滤波时间。

## 碰撞阈值（TT LEVEL）

参数设置后即生效。通过碰撞阈值参数来设置产生 **TIP TOUCH** 状态时的距板高度。

- 如果检测到的当前高度小于该参数，就会产生 **TIP TOUCH** 状态。
- 如果检测到的当前高度大于该参数，就会取消 **TIP TOUCH** 状态。

## 碰撞延时（ColDelay）

参数设置后即生效。通过 `碰撞延时` 参数来抑制 `TIP TOUCH` 状态的产生。主要为了解决由于等离子体或飞溅的干扰而误触发 `TIP TOUCH` 状态。

- 只有当实际产生碰撞的时间超过该参数的时间，`TIP TOUCH` 状态才会真实输出。
- `TIP TOUCH` 状态被取消后，立即关闭 `TIP TOUCH` 状态的输出。

## 喷嘴丢失检测开关（LozzLost）

参数设置后即生效。通过喷嘴丢失检测功能来检查铜喷嘴电机或陶瓷环部分是否存在。在开启该功能时，应该保证进行喷嘴丢失点的标定时，切割头与工件之间的距离必须尽可能大。

## 标定位delta值检测开关（Delta）

参数设置后即生效。为了保证标定过程中电容与距离的稳定关系，设置了正常情况下不同参考点之间电容的最小差值，如果由于切割头形状等原因导致参考点之间的电容最小差值无法满足，可以关闭该检测开关。

# 对象字典

## Input（只读）

### 索引 0x1A00 实时信号（PDO）

子索引	名称	说明	数据类型	
0x3000	0x01	DAC	高度数据输出，范围：0~65535	UINT32
	0x02	RTCap	当前实时电容值	UINT32
	0x03	FAR	超出标定范围信号	BIT
	0x04	COLLISION	碰板信号，喷嘴丢失辅助提示信号	BIT
	0x05	READY	系统运行状态信号	BIT
	0x06	POS_REACHED	标定时数据采集信号	BIT

#### NOTE

- FAR：当测量范围超出标定范围时为1。
- COLLISION：当出现碰板时为1。还可以与POS\_REACHED配合使用表示喷嘴丢失。
- READY：正常运行时为1，系统初始化、部分报警及标定过程中输出0。
- POS\_REACHED：电容标定时，VT310E的标定应答信号。当收到STROBE后，连续100ms内检测电容是否稳定，若稳定则输出应答信号。超过1s仍不稳定则退出标定模式。在检测过程中要求STROBE持续为1，还可以与COLLISION配合使用表示喷嘴丢失。

### 索引 0x1A01 实时状态显示（PDO）

子索引	名称	说明	数据类型	
0x3001	0x01	CAP_DIFF	电容波动值	UINT8

#### NOTE

CAP\_DIFF：连续100ms内采集电容最大值和最小值的差值。

### 索引 0x3100 标定数据及状态信息（SDO）

子索引	名称	说明	数据类型
0x01	CAP_16		
0x02	CAP_15		
0x03	CAP_14		
0x04	CAP_13		

子索引	名称	说明	数据类型
0x05	CAP_12	16个标定点对应的电容值	UINT32
0x06	CAP_11		
0x07	CAP_10		
0x08	CAP_9		
0x09	CAP_8		
0x0A	CAP_7		
0x0B	CAP_6		
0x0C	CAP_5		
0x0D	CAP_4		
0x0E	CAP_3		
0x0F	CAP_2		
0x10	CAP_1		
0x11	CAP_NL		
0x12	CurState	当前状态值 1.未就绪 2.测量模式 3.标定模式 4.调试模式 5.错误	UINT8

### NOTE

- CAP\_16 ~ CAP\_1:16个标定点对应的电容值。
- CAP\_NL:喷嘴丢失点标定的电容值。

## Output（可读可写）

### 索引0x1600 标定信号（PDO）

子索引	名称	说明	数据类型
0x01	CAL_REQUEST	标定开始信号	BIT

子索引	名称	说明	数据类型
0x02	STROBE	CNC控制到位信号	BIT
0x03	NL_STROBE	本体电容标定信号	BIT

#### NOTE

- CAL\_REQUEST: 标定的开始信号, 1表示请求进入标定状态, 0表示请求退出标定状态。
- STROBE: 电容标定过程中, 轴到位后的接收信号。
- NL\_STROBE: 当NORMAL状态下, 该端口高电平时把READY信号置低, 同时记录当前电容值, 将当前电容值作为本体电容值。

### 索引0x2100用户参数 (SDO)

子索引	名称	说明	数据	默认值	最小值	最大值	单位
0x01	Meas_mm	标定长度	UINT8	20	5	25	mm
0x02	Tolerant CapErr	电容采样允许误差	UINT16	1000	5	60000	-
0x03	Tolerant LozzLost	喷嘴丢失报警阈值	UINT16	2000	10	60000	-
0x04	Fi_UPLAS	高度输出滤波时间	UINT8	6	1	50	ms
0x05	TT LEVEL	碰撞阈值	UINT8	10	0	100	0.01mm
0x06	ColDelay	碰板延时	UINT16	50	0	1020	ms
0x07	LozzLost	喷嘴丢失检测开关	BIT	1	0	1	-
0x08	Delta	标定位delta值检测开关	BIT	1	0	1	-
0x09	Save	保存参数到Flash	BIT	-	-	-	-
0x0A	Restore	恢复默认参数	BIT	-	-	-	-
0x0B	Restart	软重启	BIT	-	-	-	-

#### NOTE

SAVE: 用于保存参数。VT310E的参数均为设置后即生效, 但断电后会重置参数。每次将SAVE由0置为1时, 会进行一次参数保存。