

BECKHOFF

《简单 PID功能的使用》

德国倍福自动化有限公司
毕孚自动化设备贸易(上海)有限公司
Beckhoff Automation (Shanghai)
Co., Ltd.
www.beckhoff.com.cn
info@beckhoff.com.cn

上海:
地址:上海市闸北区江场三路
市北工业园区163号5楼
邮编:200436
电话:021-66312666
传真:021-66315696

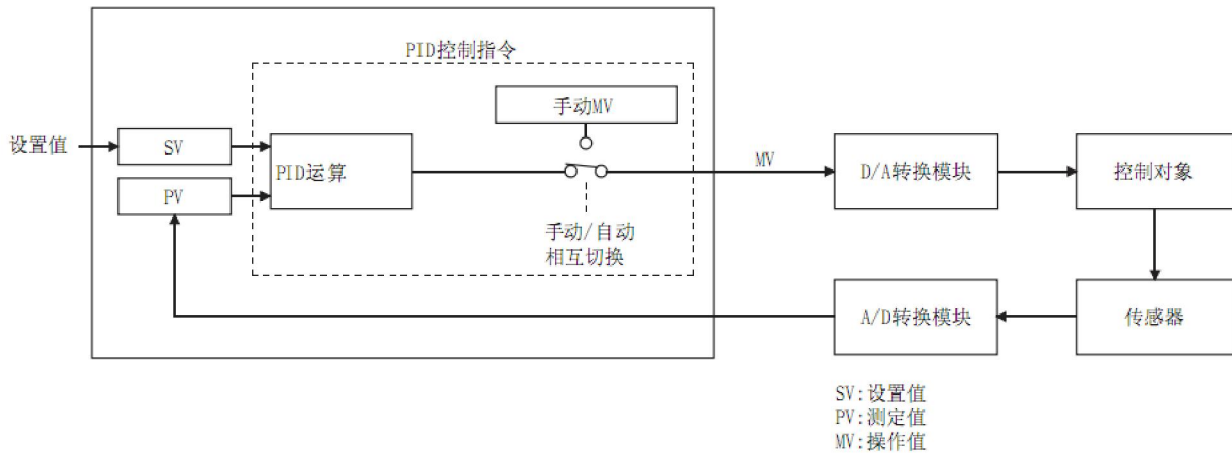
北京:
地址:北京市西城区西直门外大街1号
西环广场T3写字楼1801-1803室
邮编:100044
电话:010-58301236
传真:010-58301286

广州:
地址:广州市天河区林和西路9号
耀中广场A塔4118-4119室
邮编:510610
电话:020-38010300
传真:020-38010303

成都:
地址:成都市人民南路一段86号
城市之心8楼F、G座
邮编:610016
电话:028-86202581
传真:028-86202582

PID 控制概述

PID 控制是应用于流量、速度、风量、温度、压力、配比等的过程控制的控制方式。将控制对象保持为所设置的值的所需配置如下图所示：



在 PID 控制处理方法中，通过预先设置的设定值(SV)和从 A/D 转换模块中读取的测定值(PV)计算出执行 PID 运算的操作值(MV)。

将算出的操作值(MV)写入 D/A 转换模块后输出到外部。

PID 控制期间，将由传感器测量的值(测定值)与预先设置的值(设置值)进行比较，然后调节输出值(操作值)以消除测定值与设置值之间的差。在 PID 控制运算中，通过组合比例动作(P)、积分动作(I)和微分动作(D)计算 MV(操作值)，使测量值(PV)迅速、正确地趋近于设置值(SV)。

当 PV 与 SV 的差增大时 MV 增大，迅速地使 PV 趋近于设置值；PV 与 SV 的差变小后，减小 MV，平缓、正确地将 PV 调节为与 SV 相同。

比例作用 (P 动作)

- (1) 在比例动作中，MV(操作值)与偏差(设置值与测定值之差)成比例关系。
- (2) 下面的公式表达了 E(偏差)与 MV 之间的关系。

$$MV = K_p \times E$$

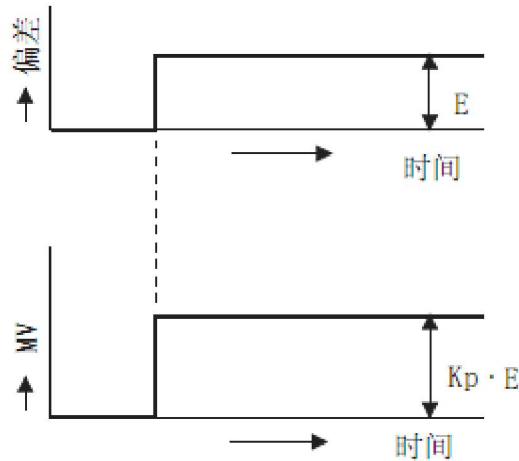
K_p 是比例常数也称为“比例增益”。

条件	比例动作
当比例增益 K_p 减小时	控制动作变慢。
当比例增益 K_p 增大时	控制动作变快。

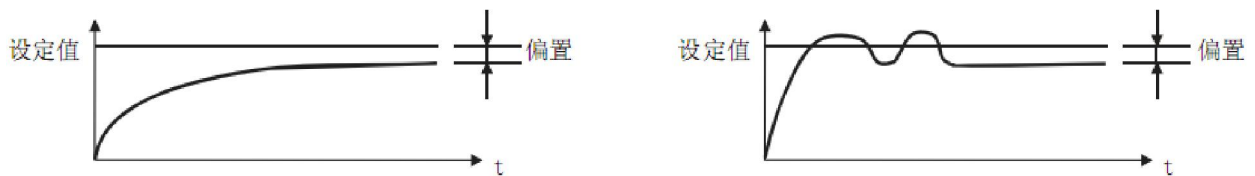
BECKHOFF

	但是，易发生振荡。
--	-----------

(3) 恒定偏差的阶跃响应时的比例控制如下图



(4) 产生的相对于设置值的恒定误差称为偏置(偏置错误)。偏置产生于比例动作中。

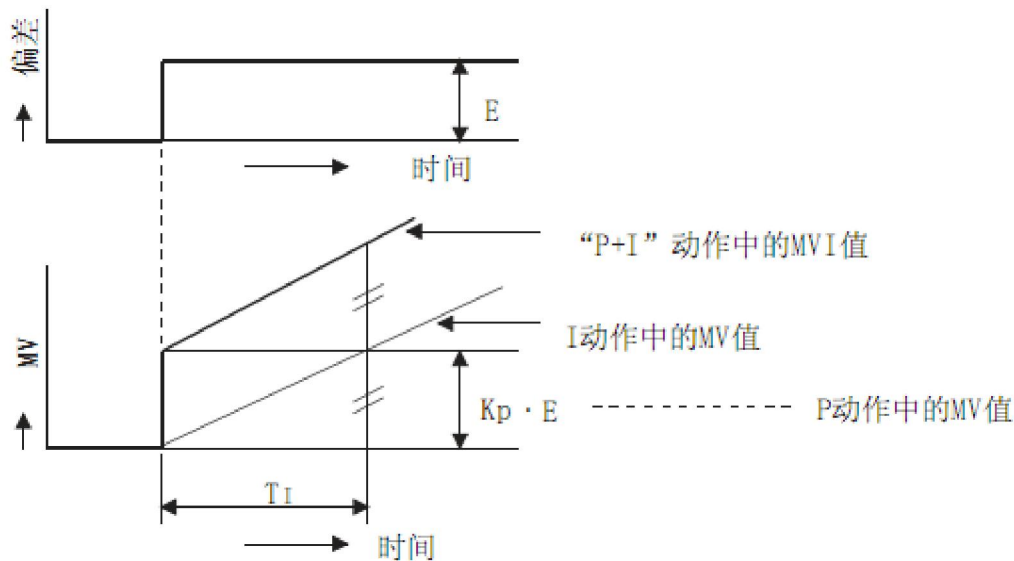


积分动作(I 动作)

- (1) 积分动作是指，存在有偏差时，连续地变化 MV(操作值)以消除偏差的动作。该动作可消除比例动作中产生的偏置。
- (2) 偏差产生后，积分动作的 MV 达到比例动作的 MV 所需的时间称为积分时间。积分时间以 T_I 表示。

条件	比例动作
减少积分时间 T_I	积分效果增大且消除偏置所用时间变短。 但是，易发生振荡。
增加积分时间 T_I	积分效果减小，消除偏置所用时间变长。

(3) 偏差为恒定值的阶跃响应时的积分动作如下图所示。

BECKHOFF

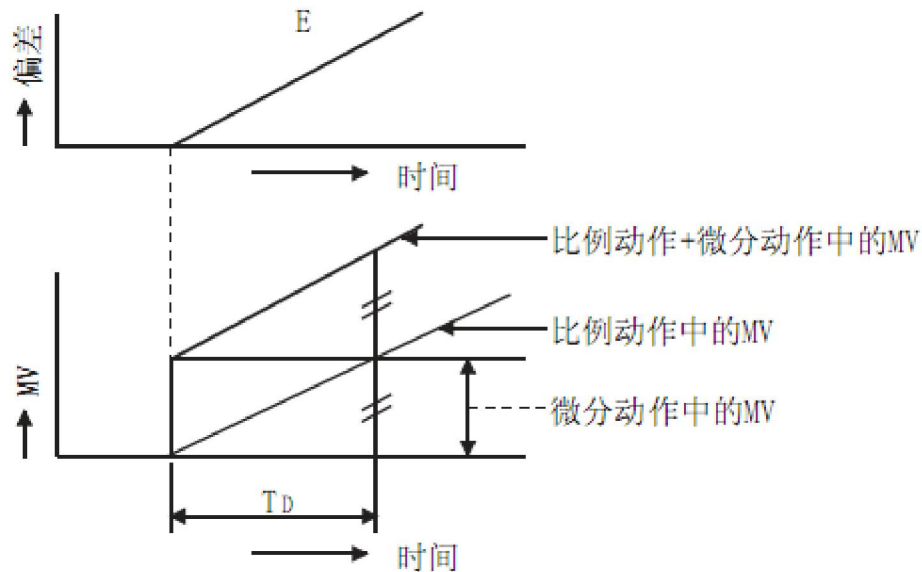
(4) 积分动作常与比例动作组合使用(PI 动作)或与比例及微分动作组合使用(PID 动作)。积分动作不能独立使用。

微分动作(D 动作)

- (1) 微分动作是指，产生偏差时，将与偏差随时间的变化率成比例的 MV(操作值)施加到偏差中以消除偏差的动作。本动作可防止由外部干扰等导致控制目标发生大的波动。
- (2) 偏差产生后，微分动作的 MV 达到比例动作的 MV 所需的时间称为微分时间。微分时间以 T_d 表示。

条件	比例动作
当微分时间 T_D 变短时	微分效果减小。
增加积分时间 T_I	微分效果增大。 但是，易产生短周期的振荡。

(3) 偏差以一定的比例增加时的微分动作如下图所示。

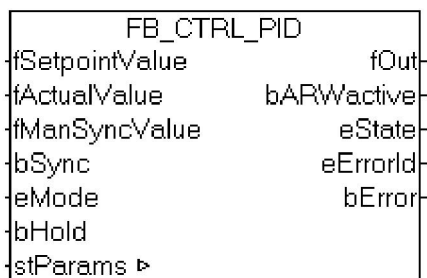
BECKHOFF

(4) 微分动作常与比例动作组合使用(PD 动作)或与比例及积分动作组合使用(PID 动作)。

微分动作不能独立使用。

功能块介绍 (FUNCTION_BLOCK FB_CTRL_PID)

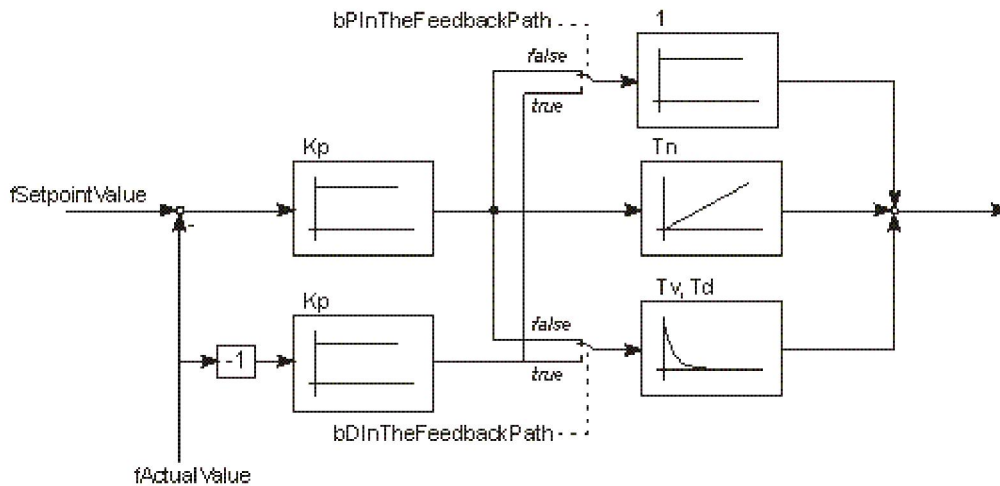
该功能块在 TcControllerToolbox.lib 的库文件中。



传递函数：

$$G_{PID}(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_n s} + \frac{T_v s}{1 + T_d s} \right)$$

功能图：

BECKHOFF

输入变量：

VAR_INPUT

```

fSetpointValue      : FLOAT;
fActualValue        : FLOAT;
fManSyncValue       : FLOAT;
bSync               : BOOL;
eMode               : E_CTRL_MODE;
bHold               : BOOL;

```

END_VAR

变量注释：

fSetpointValue: 设定值控制变量

fActualValue: 实际值控制变量

fManSyncValue: 输入内部状态的PID操作值。

bSync: 当此信号有上升沿触发后，可以使设定 fManSyncValue 的值有效。

eMode: 功能块的运行模式

bHold: 当此值为 TRUE 时，保持当前的内部状态。

注：eMode 的具体数值如下

TYPE E_CTRL_MODE :

```

(
  eCTRL_MODE_IDLE      := 0, (* 空闲模式 *)
  eCTRL_MODE_PASSIVE   := 1, (* passive 模式 *)
  eCTRL_MODE_ACTIVE    := 2, (* active 模式 *)
)

```

BECKHOFF

```
eCTRL_MODE_RESET           := 3, (* 重置模式 *)
eCTRL_MODE_MANUAL          := 4, (* 手动模式 *)
eCTRL_MODE_TUNE            := 5, (* 调谐模式 *)
eCTRL_MODE_SELFTEST        := 6, (* 自测试模式 *)
eCTRL_MODE_SYNC_MOVEMENT  := 7 (* 同步模式 *)
```

```
);
END_TYPE
```

输出变量：

```
VAR_OUTPUT
    fOut           : FLOAT;
    bARWactive     : BOOL;
    eState         : E_CTRL_STATE;
    eErrorId       : E_CTRL_ERRORCODES;
    bError         : BOOL;
END_VAR
```

变量注释：

fOut: PID 输出值**bARWactive:** 当此值为 1 时，说明 PID 输出值已经被限制**eState:** 功能块状态**eErrorId:** 出错原因**bError:** 错误位，错误出现，该位置 1

输入输出型变量：

```
VAR_IN_OUT
    stParams       : ST_CTRL_PID_PARAMS;
END_VAR
```

变量注释：

stParams: PID 具体参数的结构体，具体变量如下所示：

TYPE ST_CTRL_PID_PARAMS :

STRUCT

```
tCtrlCycleTime           : TIME := T#0ms; (* controller cycle time [TIME] *)
tTaskCycleTime           : TIME := T#0ms; (* task cycle time [TIME] *)
```

BECKHOFF

```

fKp      : FLOAT := 0;      (* proportional gain *)
tTn      : TIME  := T#0ms;  (* Tn *)
tTv      : TIME  := T#0ms;  (* Tv *)
tTd      : TIME  := T#0ms;  (* Td *)

fOutMaxLimit : FLOAT := 1E38; (* maximum output limit *)
fOutMinLimit : FLOAT := -1E38; (* minimum output limit *)

bPlnInTheFeedbackPath : BOOL;
bDlnInTheFeedbackPath : BOOL;

bARWOnlPartOnly : BOOL;
END_STRUCT
END_TYPE

```

变量注释：

tCtrlCycleTime: 控制循环的循环时间，此值必须 \geq TaskCycleTime. 该功能块使用使用输入变量来对状态及输出变量进行实时更新。

tTaskCycleTime: 功能块被调用的循环时间，如果此功能块每个循环周期都被调用，那就需要与任务循环时间保持一致。

fKp: 比例系数

tTn: 积分时间，如果 T#0s，则积分时间无效。

tTv: 微分时间，如果 T#0s，则微分时间无效。

tTd: 阻尼时间

fOutMaxLimit: 输出上限。当到达限制值时，bARWActive 对应的变量会被置 1。

fOutMinLimit: 输出下限。当到达限制值时，bARWActive 对应的变量会被置 1。

bPlnInTheFeedbackPath: 选择是否选用比例功能，具体对应关系详见下表。默认设定为: FALSE，即打开该功能。

bDlnInTheFeedbackPath: 选择是否选用微分功能，具体对应关系详见下表。默认设定为: FALSE，即打开该功能。

BECKHOFF

bARWOnIPartOnly: 如果此值为 FALSE (标准设定), 则当输出值达到上限或下限, 积分常数作用将会停止工作。如果为 TRUE, 则当某些特殊情况的限制值是, 如则会停止积分尝试作用。

bPIInTheFeedbackPath	bDIInTheFeedbackPath	$G(s)$
false	false	$G(s) = \frac{G_{PID}(s) \cdot G_S(s)}{1 + G_{PID}(s) \cdot G_S(s)}$
true	false	$G(s) = \frac{G_{DI}(s) \cdot G_S(s)}{1 + G_{PID}(s) \cdot G_S(s)}$
false	true	$G(s) = \frac{G_{PI}(s) \cdot G_S(s)}{1 + G_{PID}(s) \cdot G_S(s)}$
true	true	$G(s) = \frac{G_I \cdot G_S(s)}{1 + G_{PID}(s) \cdot G_S(s)}$

$$G_{DI}(s) = K_p \left(\frac{1}{T_n s} + \frac{T_v s}{1 + T_d s} \right)$$

$$G_{PI}(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_n s} \right)$$

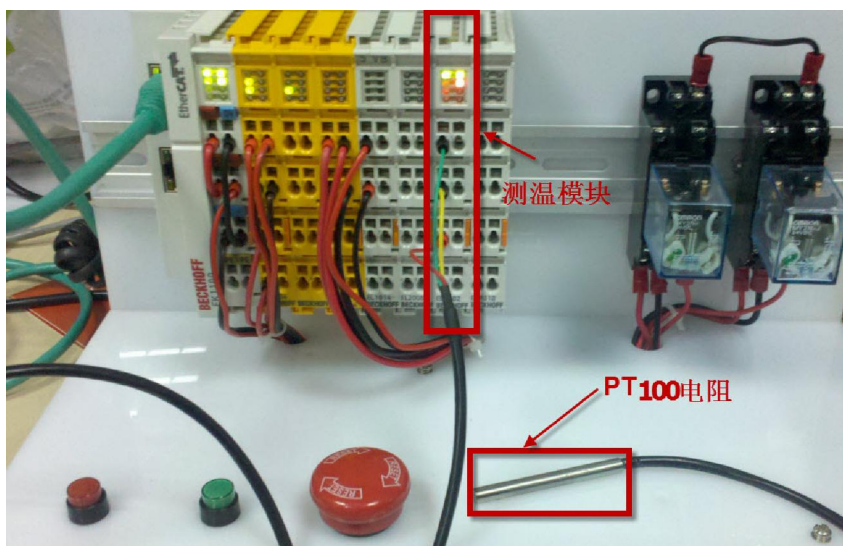
$$G_I(s) = K_p \left(\frac{1}{T_n s} \right)$$

BECKHOFF**例：**

使用了 EL3202 的模块进行温度测量，对温度进行 PID 控制。

设定值为 30 摄氏度，通过此值来进行控制。

试验设备：具体设备详见 “.tsm” 文件



注：由于试验设备受限，此次试验并没有形成闭环，只是模拟闭环操作，当超过 SV 值后，由于没有实际的负载让 AV（当前值）减小，所以只能通过人工的方法将 PT100 电阻降温即可。最终可模拟 PID 运作。

BECKHOFF

```

0002 VAR
0003   FB_CTRL_PID1: FB_CTRL_PID;
0004   st_params: ST_CTRL_PID_PARAMS;
0005   output: REAL;
0006   SV: REAL:=300;
0007   AV AT%I*: INT;
0008   start: BOOL;
0009   MV: REAL;
0010   error: BOOL;
0011   errorid: E_CTRL_ERRORCODES;
0012   state: E_CTRL_STATE;
0013   time1: TIME:=t#2ms;
0014   time2: TIME:=t#2ms;
0015   ARW: BOOL;
0016 END_VAR

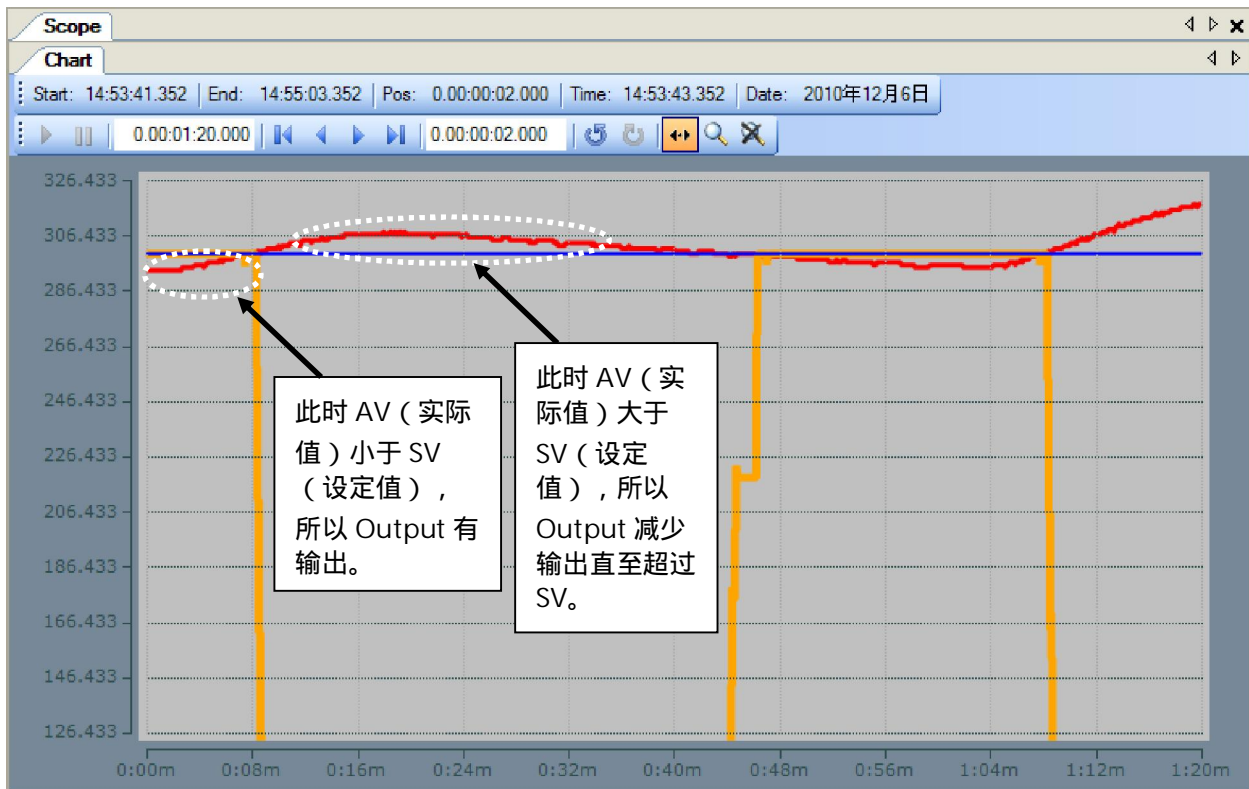
```

```

0001 st_params.taskCycleTime :=time1;
0002 st_params.ctrlCycleTime :=time2;
0003 st_params.fKp :=5;
0004 st_params.fOutMaxLimit :=300;
0005 st_params.fOutMinLimit :=0;
0006 st_params.tD :=T#10ms;
0007 st_params.tI :=T#10ms;
0008 st_params.tV :=t#10ms;
0009
0010 FB_CTRL_PID1(
0011   fSetpointValue:=SV,
0012   fActualValue:=AV,
0013   fManSyncValue:=mv,
0014   bSync:=start,
0015   eMode:=2,
0016   bHold:=,
0017   stParams:=st_params,
0018   fOut->output,
0019   bARWactive=>ARW,
0020   eState=>state,

```

效果示意图

BECKHOFF

红色 : AV 值

蓝色 : SV 值

橙色 : Output 值

具体程序详见附件。