

切纸机控制系统改造

主 编： 鄢 林 (高工)

参 编： 胡明华

罗光伟

黎 智

主 审： 梁素英 (高工)

编写日期： 2007 年 8 月

目 录

7.1 瓦楞纸横切机介绍.....	1
7.1.1 控制方案及控制算法.....	1
7.1.2 瓦楞纸横切机结构及工作原理.....	2
7.1.3 横切机主要参数.....	3
7.3 改造任务分析.....	4
7.3.1 改造任务.....	4
7.3.2 改造任务分析.....	4
7.4 设备使用环境分析.....	6
7.5 改造项目实施过程.....	7
7.5.1 详细分析改造要求及技术指标.....	7
7.5.2 详细了解改造对象的情况.....	7
7.5.3 制定设备改造方案.....	7
7.5.4 技术交流.....	8
7.5.5 签订改造技术协议.....	8
7.5.6 控制系统设计.....	8
7.5.7 安装接线.....	8
7.5.8 通电调试.....	8
7.5.9 检查验收.....	8
7.5.10 设备交付.....	9
7.5.11 后续技术服务.....	9
7.6 西门子TP177 触摸屏的使用.....	10
7.6.1 触摸屏简介.....	10
7.6.2 西门子触摸屏介绍.....	11
7.7 WinCC flexible 使用入门.....	17
7.7.1 创建项目.....	17
7.7.2 创建画面.....	26
7.7.3 组态报警.....	32
7.7.4 创建配方.....	39
7.7.5 添加画面切换.....	45
7.7.6 测试并模拟项目.....	49
7.8 变频器使用.....	53
7.8.1 变频器基础知识.....	53
7.8.2 交流异步电动机变频调速原理.....	53
7.8.3 变频器散热问题.....	54
7.8.4 变频器的制动.....	55
7.8.5 变频器控制方式.....	56
7.8.6 变频器的选用.....	57
7.8.7 变频器使用注意事项.....	59
7.9 如何使用S7-200CPU 的PID控制.....	61
7.9.1 PID 算法在S7-200 中的实现.....	61
7.9.2 PID自整定.....	75

7.1 瓦楞纸横切机介绍

瓦楞纸横切机是瓦楞纸板生产线的最后一道工序,他把连续的瓦楞纸板剪切成用户所需尺寸的纸板,用于纸箱的生产。

瓦楞纸横切机电脑控制系统作为运动控制技术在“飞剪”领域的一个应用实例,有其较特殊的复杂性,过去一直依赖整套进口,价格贵,服务不及时。近几年来,随着国内包装行业的蓬勃发展,用户对瓦楞纸板的质量和规格有了更高的要求与需求,因此对横切机电脑控制系统提出了一些更严格的技术指标,如剪切精度、剪切速度、剪切范围、设备可靠性、操作方便性等等。随着现代控制技术特别是电力电子产品技术突飞猛进的发展,使横切机电脑控制系统的解决方案变得“简单易行”,目前国内有能力开发的自动化公司也不少,基本上打破了过去长期整机依赖进口的局面。

正是瓦楞纸横切机负载的特殊性导致其电脑控制系统在控制结构、设备选型、控制算法等方面的复杂性,虽然同属“飞剪”应用领域,但“解决方案”的差异会带来相当大的“性能价格比”的差别。本文根据负载特征简介了目前市场上流行的多种解决方案,并提出了“能耗最小”的优化解决方案。

7.1.1 控制方案及控制算法

一旦确定了横切机尺寸、传动方式及速度等,就可以确定控制系统的解决方案——即控制方案及控制算法。解决方案的微小差异往往会带来性能价格比较大的差别。

【控制方案】目前国内比较流行的控制方案有如下几种:

- (1) HMI 界面+运动控制器+直流调速装置+直流电机
- (2) HMI 界面+运动控制器+交流变频调速装置+交流变频电机
- (3) HMI 界面+运动控制器+交流伺服驱动装置+交流伺服电机
- (4) HMI 界面+运动控制嵌入式交流伺服驱动装置+交流伺服电机

一般说来,方案(1)由于维护工作量大、功耗高而逐渐被市场淘汰;

方案(2)由于交流变频电机在低速时扭矩小且不稳定而导致较大的剪切误差,只能面向低端用户。如果采用带速度反馈的矢量变频器,可以使其性能得到较大提高。

方案(3)和方案(4)是目前比较流行的方案,但方案(3)存在着“运动控制器”与“交流伺服驱动装置”相互匹配的问题,匹配不好不仅影响系统的可靠性,而且还会导致较大的剪切误差,因此各厂家的技术指标水平也参差不齐,即使是同一厂家并且是同一种控制方案,各产品的性能也有差异。

方案(4)不存在方案(3)的缺陷,但目前价格还较贵。

方案(3)和方案(4)也代表了今后的发展方向。

【控制算法】控制算法是解决方案的核心和精髓,好的控制算法在保证裁剪精度的情况下有效降低能耗和动力设备——电机及其驱动装置容量,从而能有效地提高系统的性能价格比。“运动控制器”是控制算法的载体,优秀的“运动控制器”是控制算法能够完美实现的物质基础。目前用于瓦楞纸横切机的“运动控制器”有如下几种形式:

● 专用运动控制卡或控制器,如: MKS公司的CT150, TRIO的MC202、MC204等, mikipulley公司的SPC-007等等;

● 通用或专用 PLC, 如: 西门子(SIEMENS) S7-200、三菱 FX2N 系列等;

● 单片机, 如: Intel8031、Intel8096、TMS320系列DSP等等;

● 嵌入到交流伺服驱动装置的运动控制功能块或功能卡, 如: 西门子(SIEMENS)交流伺服装置的功能模块、西门子(SIEMENS)轮切控制卡等等。

基于不同的“运动控制器”, 控制算法不尽相同, 从而导致了产品最终能耗的差异, 性能

也千差万别。

7.1.2 瓦楞纸横切机结构及工作原理

瓦楞纸横切机的外观如图 1 所示，工作原理示意图如图 2、图 3 所示。

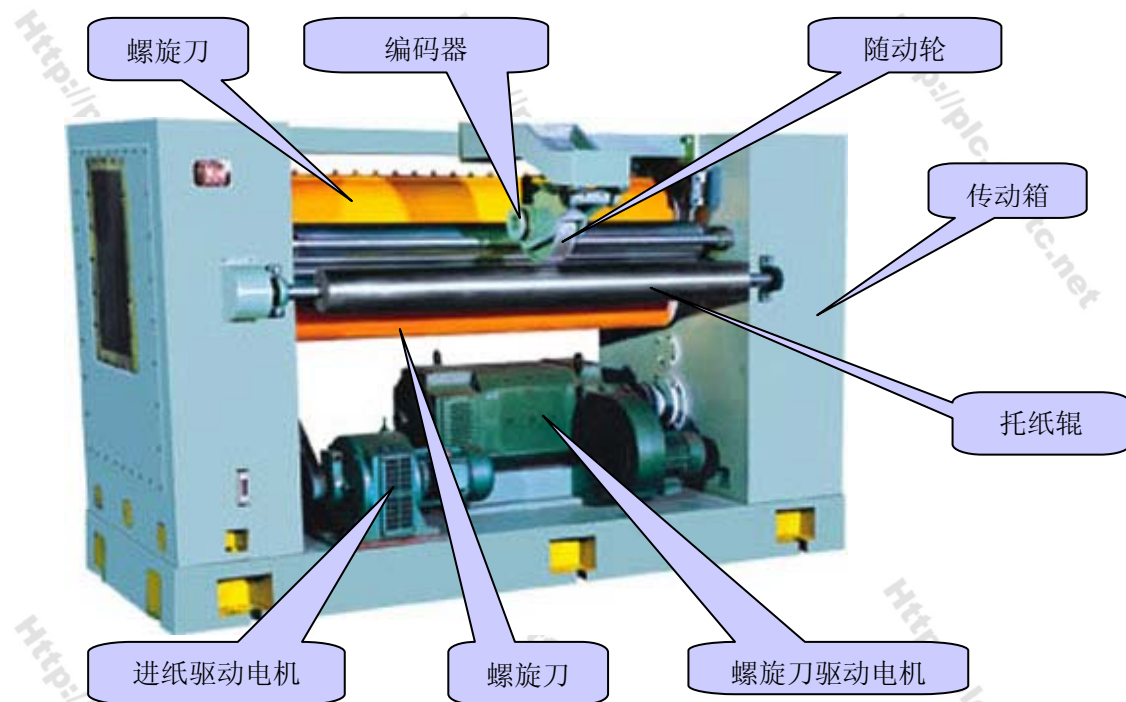


图 1 横切机实物结构

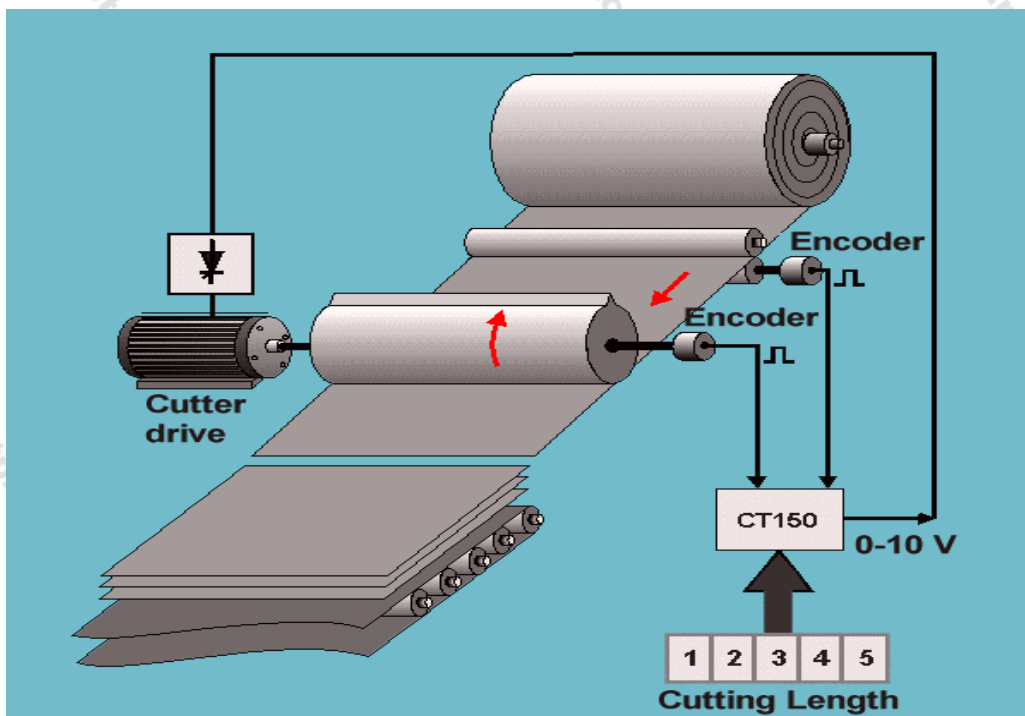


图 2 运动示意图

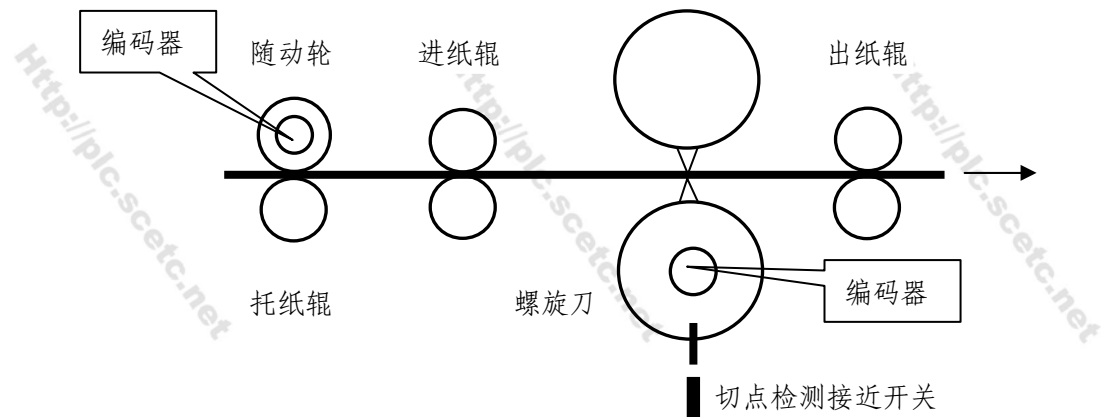


图3 螺旋刀横切机工作过程示意图

前道工序送来的纸板按箭头所指方向运动，纸板带动随动轮转动，安装在随动轮上的编码器随之转动。PLC 通过计量编码器输出脉冲数就可以计算出纸板长度，然后根据长度设定值和纸板实际长度之差，经过计算出模拟电压控制螺旋刀的旋转速度，使螺旋刀在设定的长度处剪断纸板。在螺旋刀剪断处有接近开关，在该处螺旋刀加速，快速切断纸板，然后减速停止。该设备的控制重点是纸板长度和螺旋刀的位置检测及二者同步控制。

7.1.3 横切机主要参数

瓦楞纸横切机有如下主要参数：

(1) 调节走纸速度

机种按最高速度分 80 米/分，200 米/分，350 米/分

(2) 设定切断长度

切断长度一般是给定值和补偿量的和，一般为：由 500mm 至 99999mm

(3) 精度

切纸精度一般从几毫米到十几毫米

(4) 可存储的订单数量

(5) 平均无故障运行时间

7.3 改造任务分析

7.3.1 改造任务

1. 改造要求

用 PLC 改造原控制系统，原有系统全部拆除，改造要求如下：

- (1) 横切机的工艺和操作方法不变。
- (2) 控制柜安装在控制室内，控制室距横切机直线距离约 10 米。
- (3) 系统人机界面可以完成订单数据输入、修改、保存及操作功能。
- (4) 为便于操作，在控制室和横切机上均安装起停控制按钮。
- (5) 进纸辊速度调节采用变频驱动。
- (6) 有完善的保护和抗干扰措施，系统能可靠工作。

2. 需达到的技术指标

- (1) 走纸速度：10-120 米/分
- (2) 切纸长度：大于 350mm
- (3) 最大误差：不大于 $\pm 15\text{mm}$

7.3.2 改造任务分析

1. 用 PLC 改造原控制系统，原有系统全部拆除

分析：

全部控制线路需重新设计，原有电路部分可以参靠，需构建 PLC 系统。包括：

- (1) 控制系统总体规划、采用何种技术路线（参照上节所列的 4 种控制方案）。
- (2) 控制器、检测装置、驱动装置选型。部分设备可以参照以前的配置。
- (3) 系统的硬件、软件开发和调试。

2. 横切机的工艺和操作方法不变

分析：

需了解瓦楞纸切纸操作方法和纸板切断工艺，改造设计人员需要详细了解横切纸的操作要求。

3. 控制柜安装在控制室内，控制室距横切机直线距离约 10 米

分析：

控制室到横切机直线距离 10 米，实际的走线距离约 15 米左右，甚至更长。线路较长，编码器信号抗干扰问题在设计和布线时需考虑抗干扰问题。变频器输出电压中包含大量的中、高频谐波成分会对其他电路造成干扰。如果编码器采用电平输出方式（DC24V）编码器的输出信号可以方便地直接与 PLC 连接，但距离较长会受到干扰而产生检测错误。因此二者在布线上有如下要求：

- (1) 均采用屏蔽线，屏蔽层接地良好。
- (2) 而者在空间上必须保持一定距离，至少大于 100mm。
- (3) 导线必须要有一定的防护，如果埋地敷设，则必须穿管（金属或 PVC）

因此，必然带来施工时间和成本的增加。

4. 系统人机界面可以完成订单数据输入、修改、保存及操作功能

分析：

需使用 HMI，并编写 HMI 控制程序。此要求涉及到的问题如下：

- (1) 选择人机界面，如触摸屏、文本显示器等，要能方便地与 PLC 连接并组态。
- (2) 需开发操作界面和组态程序。
- (3) PLC 编程人员必须与 HMI 编程人员充分协作。

5. 为便于操作，在控制室和横切机上均安装起停控制按钮

分析：

需增加控制按钮和控制线路，要考虑问题如下：

- (1) 线路敷设
- (2) 两组控制按钮的关系，是否有优先级等问题。

6. 进纸辊速度调节采用变频驱动

分析：

需选择变频器并安装调试、变频器，需考虑如下问题：

- (1) 变频器选型
- (2) 变频器安装连接
- (3) 参数设置

7. 有完善的保护和抗干扰措施，系统能可靠工作。

分析：

要从系统接地、屏蔽、防雷、综合布线等方面综合提高系统的抗干扰能力。

8. 走纸速度：10-120 米/分

分析：走纸电机需采用无级调速，速度调节范围根据此数据结合机械结构计算。

9. 切纸长度：大于 500mm

分析：在控制程序中需进行限定，大于此尺寸的纸板均能加工且满足精度要求。

10. 最大误差：不大于 $\pm 15\text{mm}$

分析：在各种加工尺寸和加工速度下均能满足此要求，

7.4 设备使用环境分析

1. 防护等级要求

由改造任务书可知，控制柜在瓦楞纸板生产车间的控制室内，无易燃、易爆气体和腐蚀性气体。因此控制柜只需防尘和防滴水即可，即控制柜防护等级为 IP51。

2. 设备供电

设备原有供电线路为三相五线制、380V，应此只要改造后设备功率没有增加就可以沿用原供电线路。但须考虑以下问题：

- (1) 原有供电线路是否老化。
- (2) 接地电阻和防雷是否达到要求，如果不满足要求需向甲方提出改造要求。

3. 电磁兼容性问题

7.5 改造项目实施过程

7.5.1 详细分析改造要求及技术指标

在本阶段重点是要彻底理解改造要求，要知道主要工作内容和难点、重点。对改造任务书中叙述不清楚的地方可以咨询设备使用方。

横切纸机控制难点在于：

◆精度控制

在走纸速度很快时，保证系统的精度难度较大。需要系统对误差有较快的响应速度。

◆选择合理的控制算法

横切机主要是对两个运动（纸板的直线运动和螺旋刀的旋转运动）进行同步控制，要建立一个数学模型，该模型还要考虑控制装置的运算能力。在本例中采用 PID 调节算法是相对较好的控制算法，PID 调节的误差量为：

$$e_k = (L_{\text{set}} - L_m) - d$$

其中： L_{SET} 是纸板长度设定值； L_m 是已经走纸的长度； d 是螺旋刀当前位置沿旋转方向到切点的距离。

7.5.2 详细了解改造对象的情况

需了解的内容包括：

◆分析 HN-150 横切机原有控制线路原理图

◆横切机各驱动电机的型号及参数

◆检测各电机的参数，判断其状况

◆各编码器型号和参数、接口类型、安装位置等

◆横切机的操作、动作流程

◆现有电器元件、线路的状况

◆横切机机械传动机构传动方式、传动比

本过程要深入了解被改造对象的状况，如电机的参数（决定控制电器的参数、规格）、控制电路有多少个控制量（决定 PLC 需多少个输出点）、哪些元件可以继续使用、哪些元件必须更换等；横切机控制的特殊要求等。

可以进行现场观察、检测，并与使用人员或设备管理人员交流，或者调取设备的相关记录等。

※注：由于后续的技术工作是建立在对控制对象的了解和改造任务的基础之上的，因此要求以上两步所获得的信息必须准确，力求详实。

7.5.3 制定设备改造方案

在改造方案中要阐述清楚用何种控制设备、何种方法实现机床控制要求和技术指标。具体如下：

◆技术路线，用何种控制设备实现控制要求

◆具体功能实现方法，

◆确定主要控制元件、部件

◆初步预算

◆工程进度安排

这项工作建立在准确地理解改造任务书和详细了解改造对象的基础上。控制方案尽量选择简单、易行并经过工程实践证明是可靠的方案；尽量选择在工业现场广泛使用控制部件和

电器元件。

7.5.4 技术交流

在控制方案制定后需与设备使用方进行交流，向对方介绍控制方案。就方案是否可行、费用、工程进度等问题与对方达成一致。

7.5.5 签订改造技术协议

技术协议一般是改造合同的附件，就改造项目中与技术相关的内容以合同条款的方式确定，用于约束双方的行为。

技术协议表述必须准确、清楚，文字叙述无异议。

7.5.6 控制系统设计

包括以下内容：

- ◆设计控制系统原理图、元件安装图、布线图等图纸
- ◆选择元器件
- ◆列出元件清单
- ◆编写控制程序
- ◆编写实施工艺文件

在设计过程中要安排小组成员间相互审核对方的图纸

7.5.7 安装接线

安装接线工作要注意遵守相关国家标准和工艺规范，在本过程中要进行质量监控和检查，保证设备的可靠性。

如果线路较多，需编写作业指导书，详细地说明其中需遵守的工艺规范。

在安装接线完成后需进行一次全面的核查。

在横切机控制系统中，需注意的问题：

① 元件的安装布局

系统中存在大功率变频器（螺旋刀驱动变频器）和 PLC、编码器等部件，要合理安排他们的安装位置，即要满足通风要求，又要防止相互干扰。

② 布线

- ◆可靠、规范的接地
- ◆编码器信号传输线应选择屏蔽线
- ◆弱点信号线与强电信号线的布局合理，防止干扰

7.5.8 通电调试

由于系统首次通电，可能出现意外情况，因此通电前需进行必要的安全检查（如接地电阻、绝缘电阻等），和采取必要的安全防护措施（如现把重要部件和电机断开）。

通电时从总闸开始，逐级通电，每级通电后都要对相关电压进行测试后才能接通下级电源开关。具体操作参照附件 1、附件 2。

通电调试阶段必须遵守安全操作规程。对首次进行这项工作的学生必须进行安全培训。

通电调试中可能会发现一些设计缺陷，调试人员和设计人员须进行修正设计。

7.5.9 检查验收

检查验收由改造方和设备使用方共同参与，按照相关国家标准（双方自行制定的技术规范）进行，国家标准的引用根据在技术协议或改造任务书中指定，或者双方协商确定。在本项目中，由于只进行控制系统改造，因此验收只针对机床控制部分进行，改造后的设备按下列国家标准的规定验收：

GB/T 5226.1-1996 工业机械电气设备第一部分：通用技术条件

GB50171-92 电气装置安装工程盘、柜及二次回路结线施工验收规范

GB3797-89 装有电子器件电控箱技术条件

试机分空载运行和负载运行，具体要求如下：

① 连续空运行 24 小时，无电气故障、控制部件温升在允许范围内。

② 试加工：在走纸速度为 10 米/分、60 米/分、120 米/分时，各加工规定尺寸纸板 1000 张，每次废品数不超 5 张，其间无电气故障，温升在规定范围内。

整个验收过程的数据要进行详细记录，双方要在记录上签字，并最终得出改造后的设备是否达到要求的结论。

工作重点：

与设备使用方协调，共同组织验收工作。

记录验收过程中的相关数据，填写设备验收单。

7.5.10 设备交付

设备交付除移交设备和备件外，还需移交全套技术资料并对使用维护人员进行技术培训。

7.5.11 后续技术服务

主要内容：

① 设备保修

② 提供技术咨询

③ 提供维修配件

7.6 西门子 TP177 触摸屏的使用

7.6.1 触摸屏简介

触摸屏的主要三大种类是：电阻技术触摸屏、表面声波技术触摸屏、电容技术触摸屏。每一类触摸屏都有其各自的优缺点，要了解那种触摸屏适用于那种场合，关键就在于要懂得每一类触摸屏技术的工作原理和特点。

1. 电阻技术触摸屏

电阻触摸屏的主要部分是一块与显示器表面非常配合的电阻薄膜屏，这是一种多层的复合薄膜，它以一层玻璃或硬塑料平板作为基层，表面涂有一层透明氧化金属（ITO 氧化铟，透明的导电电阻）导电层，上面在盖有一层外表面硬化处理、光滑防擦的塑料层、它的内表面也涂有一层 ITO 涂层、在他们之间有许多细小的（小于 1/1000 英寸）的透明隔离点把两层导电层隔开绝缘。当手指触摸屏幕时，两层导电层在触摸点位置就有了接触，控制器侦测到这一接触并计算出（X，Y）的位置，再根据模拟鼠标的方式运作。这就是电阻技术触摸屏的最基本的原理。

电阻屏自进入市场以来，就以稳定的质量，可靠的品质及环境的高度适应性占据了广大的市场。尤其在工控领域内，由于对其环境和条件的高要求，更显示出电阻屏的独特性，使其产品在同类触摸产品中占有 90% 的市场量，已成为市场上的主流产品。它最大的特点是不怕油污，灰尘，水。

G-Touch 最新的第四代电阻技术触摸屏与其他电阻屏产品不同之处在于：它以玻璃为基层板，使得透光率更高，反射折射率更适用于使用者。同时，均匀涂布玻璃板底层的导电层把吸附在触摸屏上的静电粒子通过地线卸载掉，保证了触摸定位更准确、更灵敏，彻底解除带电粒子过多引起的漂移现象、定位不准、反应速度缓慢、使它寿命更长（物理测定单点连续使用可达 15 年以上），并具备了免维护的能力，防刮伤度也得到极大提高。确是一种品质卓越而价格合理的产品。

四线电阻模拟量技术的两层透明金属层工作时每层均增加 5V 恒定电压：一个垂直方向，一个水平方向。总共需四根电缆。

(1) 四线电阻屏特点：

- 高解析度，高速传输反应。
- 表面硬度处理，减少擦伤、刮伤及防化学处理。
- 具有光面及雾面处理。
- 一次校正，稳定性高，永不漂移。

五线电阻模拟量技术把两个方向的电压通过电阻网络加在靠里的那层金属层上，靠既检测电压又检测电流的方法测得触摸点的位置，而外层 ITO 仅当作导体层，共需五根电缆。

(2) 五线电阻屏特点：

- 解析度高，高速传输反应。
- 表面硬度，减少擦伤、刮伤及防化学处理。
- 同点接触 3000 万次尚可使用。
- 导电玻璃为基材的介质。
- 一次校正，稳定性高，永不漂移。

2. 表面声波技术触摸屏

表面声波技术是利用声波在物体的表面进行传输，当有物体触摸到表面时，阻碍声波的传输，换能器侦测到这个变化，反映给计算机，进而进行鼠标的模拟。

表面声波屏特点：

- 清晰度较高，透光率好。
- 高度耐久，抗刮伤性良好。
- 一次校正不漂移。
- 反应灵敏。
- 适合于办公室、机关单位及环境比较清洁的场所。

表面声波屏需要经常维护，因为灰尘，油污甚至饮料的液体沾污在屏的表面，都会阻塞触摸屏表面的导波槽，使波不能正常发射，或使波形改变而控制器无法正常识别，从而影响触摸屏的正常使用，用户需严格注意环境卫生。必须经常擦抹屏的表面以保持屏面的光洁，并定期作一次全面彻底擦除。

2. 电容技术触摸屏

利用人体的电流感应进行工作。用户触摸屏幕时，由于人体电场，用户和触摸屏表面形成以一个耦合电容，对于高频电流来说，电容是直接导体，于是手指从接触点吸走一个很小的电流。这个电流分从触摸屏的四角上的电极中流出，并且流经这四个电极的电流与手指到四角的距离成正比，控制器通过对这四个电流比例的精确计算，得出触摸点的位置。

电容触摸屏的特点：

- 对大多数的环境污染物有抗力。
- 人体成为线路的一部分，因而漂移现象比较严重。
- 带手套不起作用。
- 需经常校准。
- 不适用于金属机柜。
- 当外界有电感和磁感的时候，会使触摸屏失灵。

触摸屏是工业现场广泛使用的人机界（HMI）面产品，工控领域主流的制造商都推出了自己的触摸屏产品。

7.6.2 西门子触摸屏介绍

1. TP177A 外观

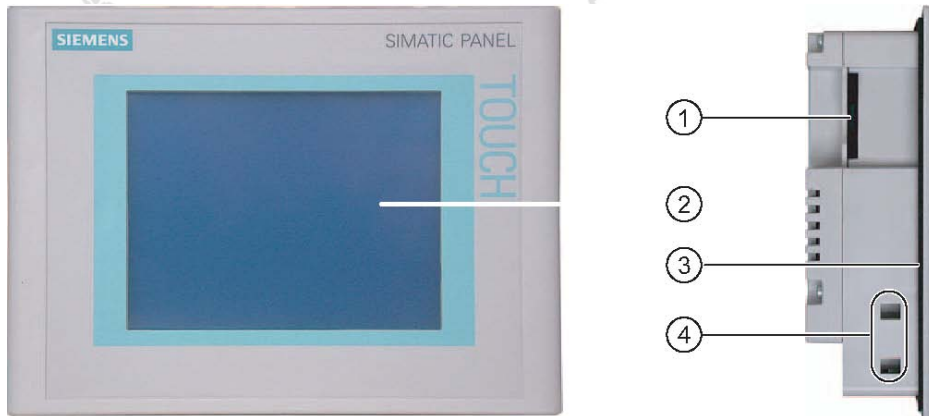


图 1-1 正视图与侧视图

- ① 与结构相关的开口 - 非存储卡的插槽
- ② 显示/触摸屏
- ③ 安装密封垫
- ④ 卡紧凹槽



图 1-2 底视图

1.1 TP177 系列触摸屏功能

1.1.1 报警 报警的功能范围

对象	规格	TP 177A	TP 177B	OP 177B
报警	离散量报警的数目	1000	2000	
	模拟量报警的数目	20	50	
	报警文本的长度	80 个字符		
	报警中的变量数目	最大为 8		
	显示器	报警视图、报警窗口		
	确认单个错误报警	是		
	同时确认多个错误报警 (组确认)	是	16 个确认组	
	编辑报警	是		
	报警指示器	是		
易失的报警缓冲区	报警缓冲区容量	256 个报警		
	同时在队列中的报警事件	最大为 64		
	查看报警	是		
	删除报警缓冲区	是		
	逐行打印报警	否	是	

变量、值、列表及计算功能变量、数值、列表和计算的功能范围

对象	规格	TP 177A	TP 177B	OP 177B
变量	编号	500	1000	
限制值监控	输入/输出	是		
线性转换	输入/输出	是		
文本列表	编号	300		

1.2 HMI 软件的功能范围

画面及画面的功能范围

对象	规格	TP 177A	TP 177B	OP 177B
画面	编号	250	500	
	每个画面的域	30	50	
	每个画面的变量	30	50	
	每个画面的复杂对象(例如棒图)	5		
	模板	是		

信息文本 信息文本的功能范围

对象	规格	TP 177A	TP 177B	OP 177B

信息文本	长度(字符数)	320
	用于报警	是
	用于画面	是
	用于画面对象(例如 I/O 域)	是

其它功能 其它功能的范围

对象	规格	TP 177A	TP 177B	OP 177B
监视器设置	触摸屏校准 设置对比度		是	是
语言切换	语言种类	5		16
图形对象	矢量图与位图图形		是	
趋势	编号	-		50
时序表	任务数量	-		10
文本对象	编号	1000		2500
安全性	用户数目		50	

2. TP177 安装

操作步骤如下:

2.1 检查 HMI 设备上是否装上了安装密封圈。 不要将安装密封圈里朝外装配。 否则, 将会引起安装开孔泄漏。

2.2 将 HMI 设备从前面插入到安装开孔中。

2.3 把安装卡件插入 HMI 设备的凹槽中。



图 4-1 如图所示将安装卡件插入 TP 177A 中

2.4 用螺丝刀拧紧安装卡件。 允许扭矩为 0.15Nm。

重复步骤 3 和 4 安装全部安装卡件。

注意事项 检查前侧安装密封圈是否吻合。 安装密封垫不能从 HMI 设备上凸出。 否则, 请重新按照步骤 1 至 4 进行安装。

3. TP177 连接

3.1 连接设备

下图给出 TP 177A 上的接口:

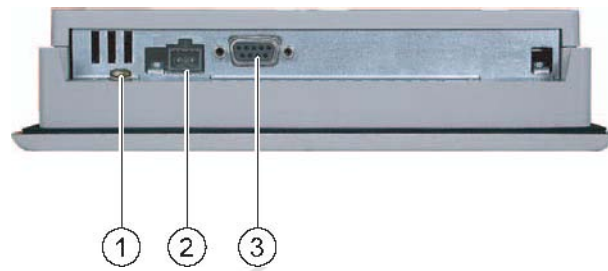


图 2 TP 177A HMI 设备上的接口

- ① 机壳等电位联结端子
- ② 电源插座
- ③ RS 422/485 接口 (IF 1B)

3.2 等电位连接端子连接

空间上隔开的系统部件之间若存在电位差,可能导致数据线上出现高均衡电流,从而毁坏其接口。如果两端都采用了电缆屏蔽,但是在不同的系统部件处接地,则可能发生这种情况。当系统连接在不同的电源上时,电位差可能更明显。

3.2.1 等电位连接的常规要求

必须通过等电位联结消除电位差,以确保电气系统的相关组件在运行时不出故障。因此,在安装等电位联结电路时必须遵守以下规定:

- 当等电位联结导线的阻抗减小时,或者等电位联结电缆的横截面积增加时,等电位联结的有效性将增加。

- 如果通过屏蔽数据线(其屏蔽层连接到两侧的接地/保护导体上)将两个系统部件互相连接起来,则额外敷设的等电位连接电缆的阻抗不能超过屏蔽阻抗的 10%。

- 所选等电位联结导线的横截面必须能够承受最大均衡电流。在两个机柜之间要想获得最佳等电位联结效果,则导线的最小横截面积必须为 16mm²。

- 使用铜制或镀锌钢材制的等电位连接导线。在等电位联结导线与接地/保护导体之间建立大面积的接触,以防止腐蚀。

- 使用合适的电缆夹将数据线的屏蔽层平齐地夹紧在 HMI 设备上,并尽可能地靠近等电位导轨。

- 平行敷设等电位联结导线和数据线,使其相互间隙距离最小。参见下面的连线图。

注意事项 等电位联结导线

电缆屏蔽层不适用于等电位联结。请只使用指定的等电位联结导线。用于等电位联结的电缆横截面积至少须为 16 mm。在安装 MPI 和 PROFIBUS DP 网络时,请确保电缆的横截面积足够大,否则,可能会损坏甚至完全破坏接口模块。

3.3 连接方法

接线图如下:

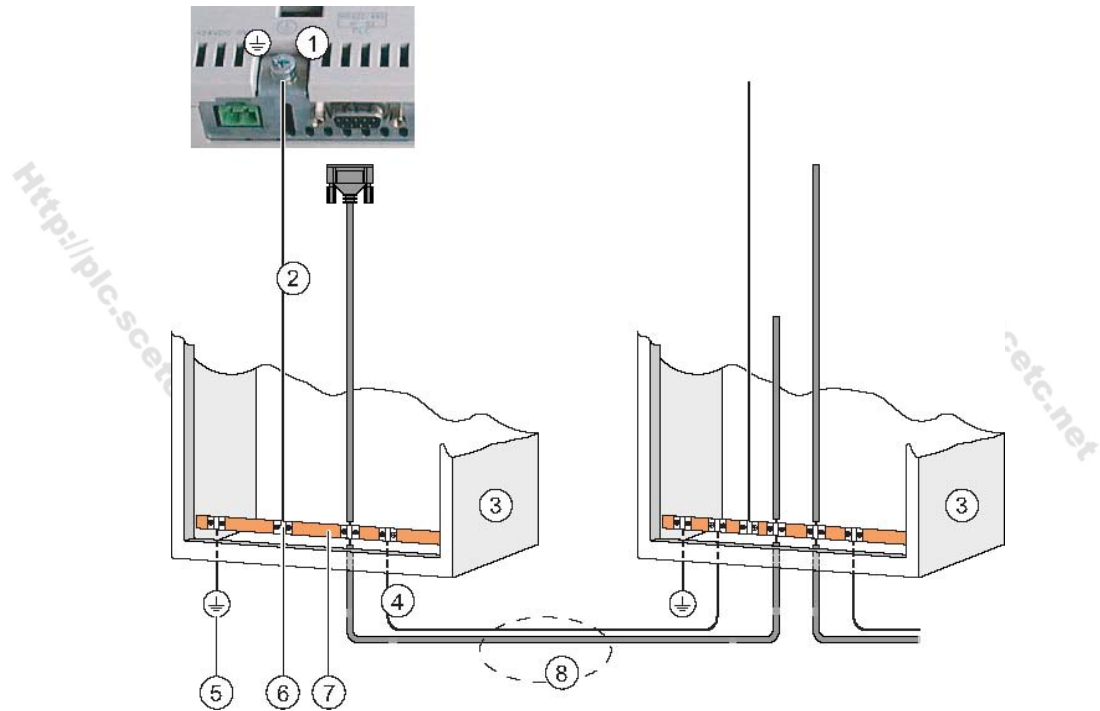


图 3 安装等电位联结

- ① HMI 设备上的机壳端子(实例)
- ② 等电位联结导线的横截面积: 4 mm²
- ③ 机柜
- ④ 等电位联结导线的横截面积: 最小 16 mm²
- ⑤ 接地连接
- ⑥ 电缆夹
- ⑦ 电压母线
- ⑧ 平行敷设等电位联结导线和数据线

3.4 TP177A 与 PLC 连接



图 4-9 将控制器连接到 TP 177A

注意事项：

- 连接 SIMATIC S7 PLC 时，请只使用专用电缆。
- 组态 RS-485 接口 用于组态 RS485 接口的 DIP 开关位于 HMI 设备的背面。在出厂时，DIP 开关设置为与 SIMATIC S7 PLC 进行通讯。

3.5 TP177A 电源连接

电源要求: DC24V -15%/+20%

连接电线前请拔出接线端子,按下图连接



图 4-10 连接接线端子

按上图所示，将接线端子与电源线连接。请确保电源线没有接反。请参见 HMI 设备背面的引出线标志。TP177A 安装有极性反向保护电路。

[Http://plc.scetc.net](http://plc.scetc.net)

[Http://plc.scetc.net](http://plc.scetc.net)

[Http://plc.scetc.net](http://plc.scetc.net)

[Http://plc.scetc.net](http://plc.scetc.net)

[Http://plc.scetc.net](http://plc.scetc.net)

[Http://plc.scetc.net](http://plc.scetc.net)

[Http://plc.scetc.net](http://plc.scetc.net)

[Http://plc.scetc.net](http://plc.scetc.net)

[Http://plc.scetc.net](http://plc.scetc.net)

7.7 WinCC flexible 使用入门

WinCC flexible 是西门子触摸屏的组态软件，通过该软件可以实现触摸屏的编程和与 PLC 等控制器的连接与信息交换（组态）。使用 WinCC flexible 对 TP177 触摸屏进行组态需进行以下几个方面的操作：

- 创建项目
- 创建画面
- 组态报警
- 创建配方
- 添加画面切换
- 测试并模拟项目

说明：本讲义以果汁搅拌系统为例来说明如何使用 WinCC flexible 为 HMI 设备创建用户操作界面。

果汁搅拌系统生产橙子味、苹果味和热带水果味的果汁、蜜露和饮料。所需配料可从四个供应罐中获取。配料在搅拌槽中混合，然后进行注入。

果汁搅拌系统通过与其相连的小型 HMI 设备进行操作。果汁搅拌系统操作员可以执行以下任务：

- 控制供应罐中的填充量
- 监控供应线阀的状态
- 输入并传送混合比例

7.7.1 创建项目

1.1 什么是项目？

用于组态用户界面的基础就是项目。在项目中创建并组态所有需要的对象，这些对象用来操作并监控果汁搅拌系统，例如：

- 画面，用来描述并操作果汁搅拌系统。
- 变量，用来在 HMI 设备和果汁搅拌系统之间传送数据。
- 报警，用来指示 HMI 设备上果汁搅拌系统的操作状态。

1.2 创建项目操作流程

以创建名称为"OP77B-Mixing"的项目为例

1. 启动 WinCC flexible;



在第 4 步操作后，WinCC flexible 项目向导打开。

当创建项目时，项目向导通过指导用户逐步地完成组态设置来提供支持。项目向导具有各种常需组态的情况。通过选择提供的情况完成组态设置。

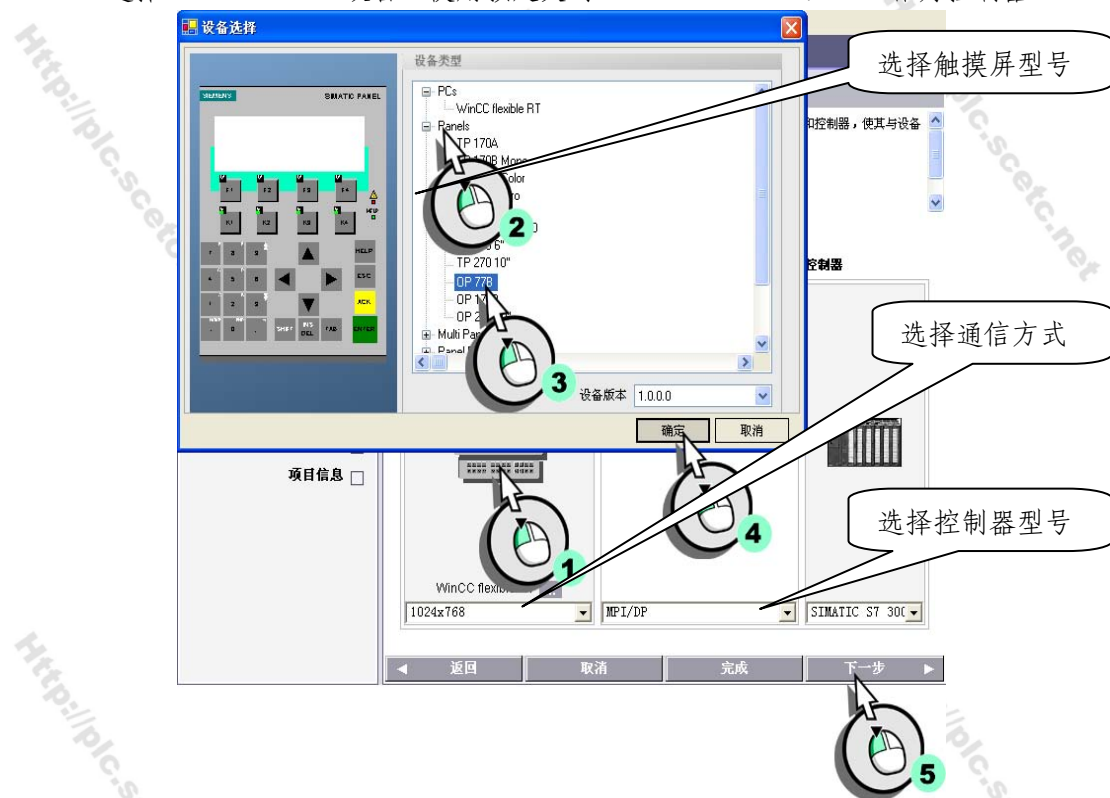
2. 创建新项目



3. 要操作果汁搅拌系统，只需要一台 HMI 设备和一个控制单元。因此，选择"小型机器":



4. 选择"OP 77B" HMI 设备。使用预定义的"SIMATIC S7 300/400" 作为控制器:



※选择何种 HMI 和控制器要根据实际情况选择,在瓦楞纸横切机改造项目中所作的选择应该是:

HMI 类型: TP177A

控制器类型: S7-200 CPU224XP

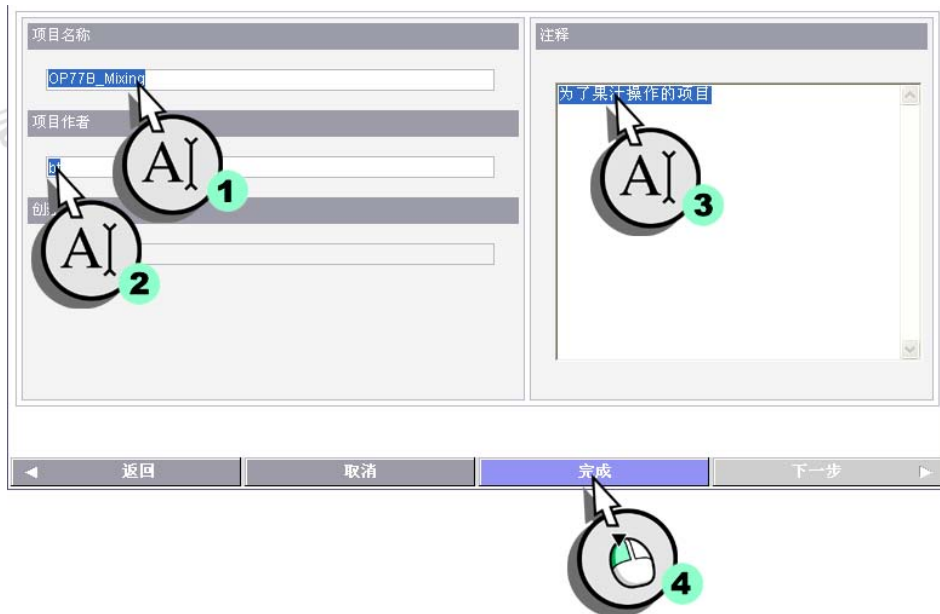
通信方式: PPI

5. 单击" 下一步" 以应用" 画面模板" 页面上提供的标准设置。

6. 单击" 下一步" 以应用" 库" 页面上提供的标准设置。

7. 然后输入有关项目的信息:

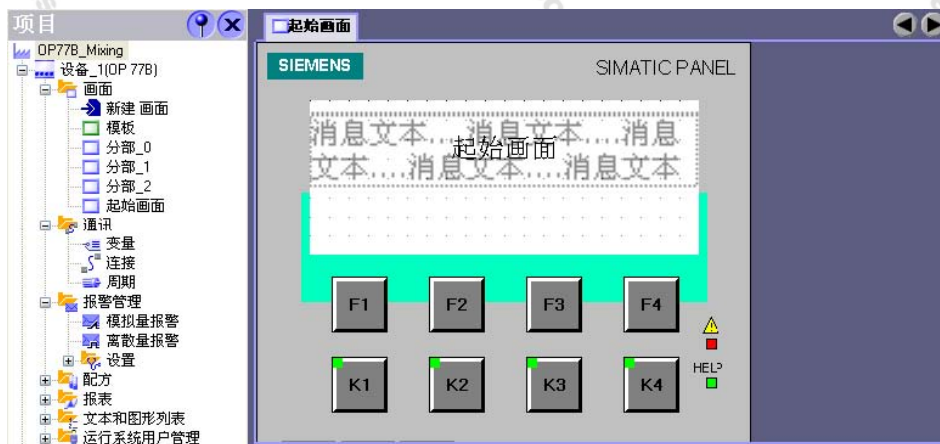
新的"OP77B-Mixing"项目



项目信息, 由设计者自行填写, 主要是对该项目进行说明, 便于管理。

1.3 新的"OP77B-Mixing" 项目

项目向导根据指定的信息创建新项目并在 WinCC flexible 中打开它。左侧是一个树形结构, 其中包含了所有可组态的元素:



在工作区域中编辑项目。WinCC flexible 元素都排列在工作区域的边框上。除了工作区域之外, 可以组织、组态(例如, 移动或隐藏)任一元素来满足个人需要。

以树型结构显示项目中所有的组件和可以使用的编辑器, 并可从项目视图中打开这些对象。此外, 还可以在" 项目视图" 中访问项目属性以及 HMI 设备的设备设置。

属性视图用于编辑对象属性, 例如画面对象的颜色。属性视图仅在特定编辑器中

可用。工具箱包含对象选项, 可将这些对象添加到画面上, 例如图形对象或操作员控制元件。此外, 工具箱也提供了许多库, 这些库包含有许多对象模板和各种不同的面板。

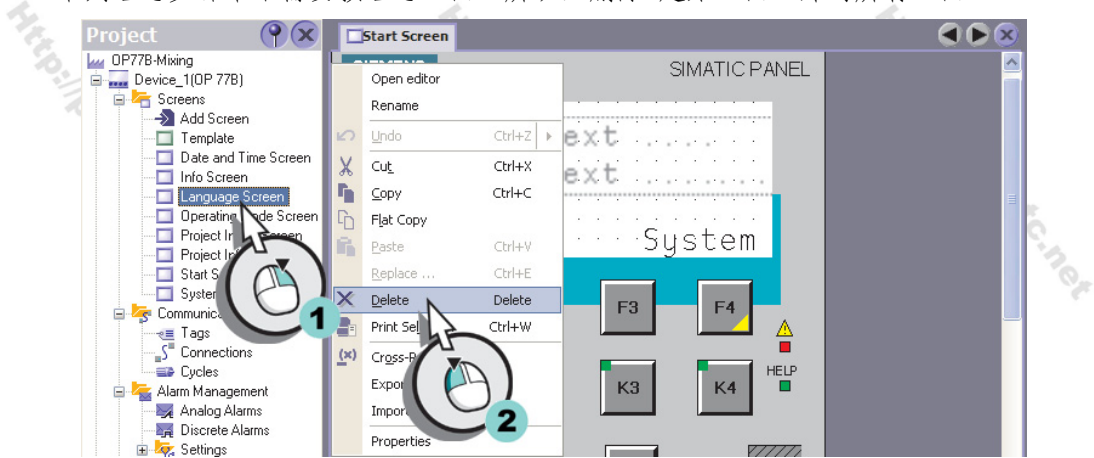
项目向导已经创建了一些元素:

画面

一些预组态的画面和模板存储在" 画面" 区域。

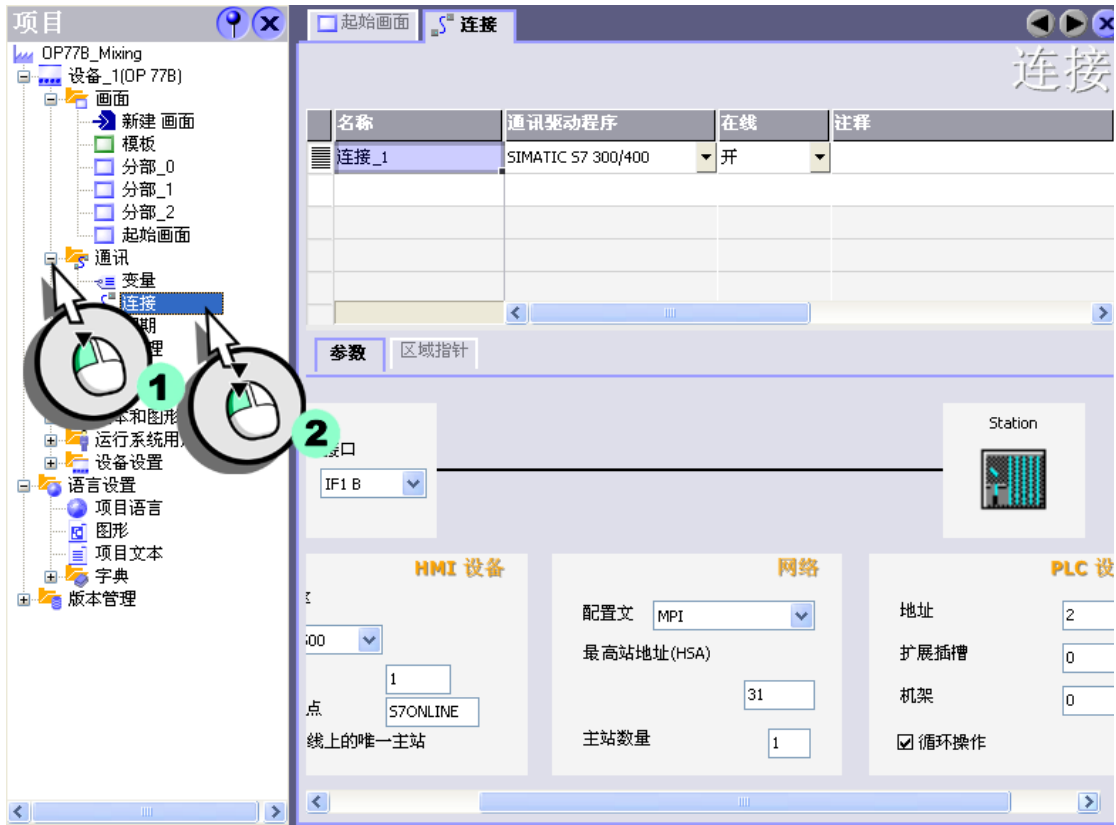
OP 77B HMI 设备的起始画面在位于根目录结构右边的工作台区域中自动打开。起始画面包含两个上下排列的报警窗口(错误报警窗口和系统报警窗口),它们需要用在果汁搅拌机 HMI 设备的后续操作中。报警窗口的灰色阴影指示该报警窗口已被插入模板中。

下列组态步骤中不需要预组态画面。所以,删除"起始画面"外的所有画面。



连接

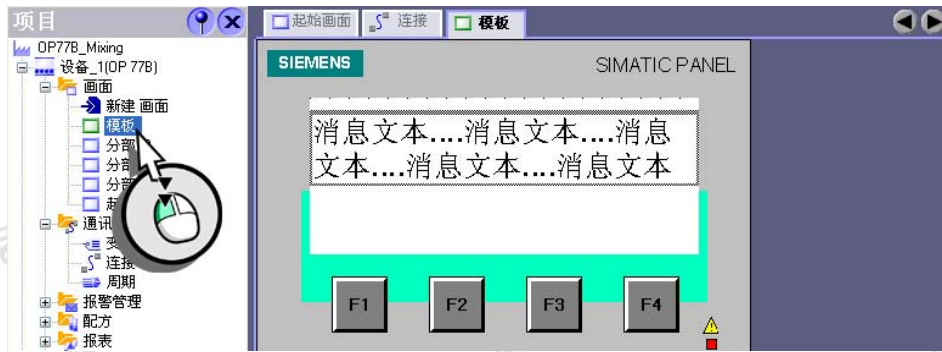
此外,已经定义了 HMI 设备和控制器之间的连接设置。



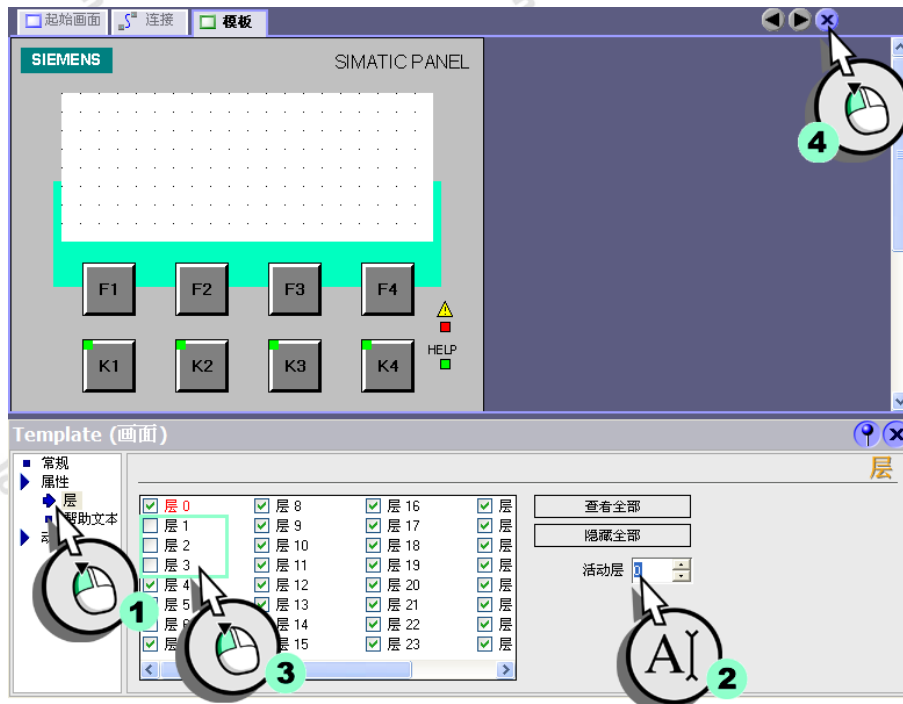
自定义模板

插入模板中的对象是那些在每一个画面中都会出现的对象(例如前面提到的报警窗口)。因为报警窗口只在果汁搅拌机运行中消息出现时才显示,所以在组态期间可以先禁止报警窗口的显示。为此,取消激活插入报警窗口的层。

1. 打开模板:



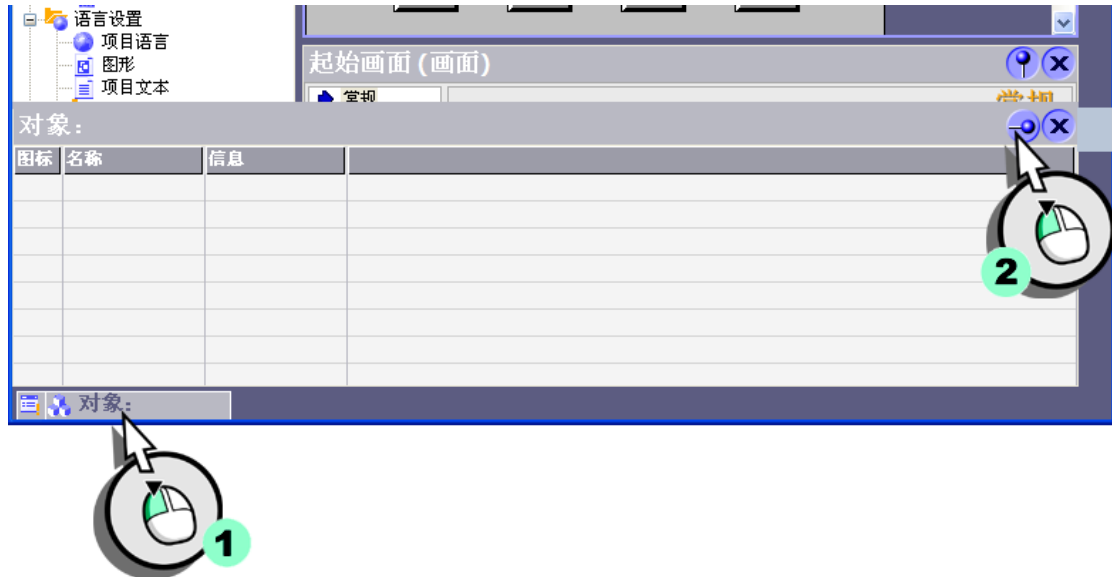
2. 将激活层设置为"0" (2)，取消激活具有三个报警窗口的层 (3)，然后关闭模板 (4)：



设置工作台区域

WinCC flexible 工作台由单个可以按需排列于工作区域周围的窗口组成。下列区域描述如何在项目视图中"停放"对象视图。

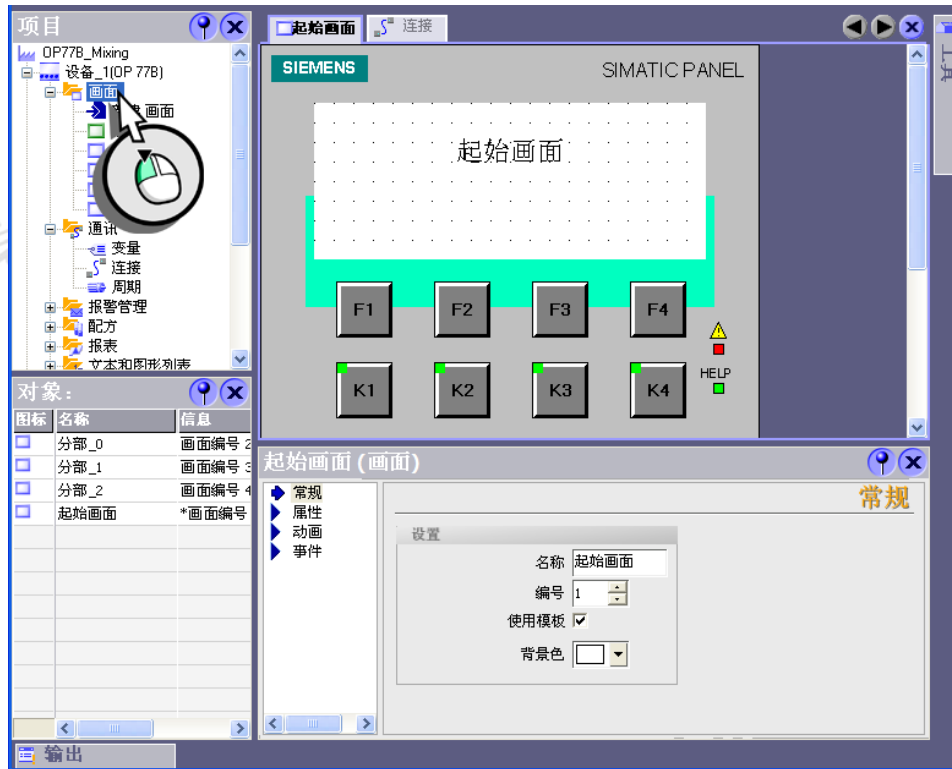
1. 不隐藏对象视图 (1)，组态该视图以便它不会自动隐藏 (2)：



2. 在项目视图中停放对象视图:

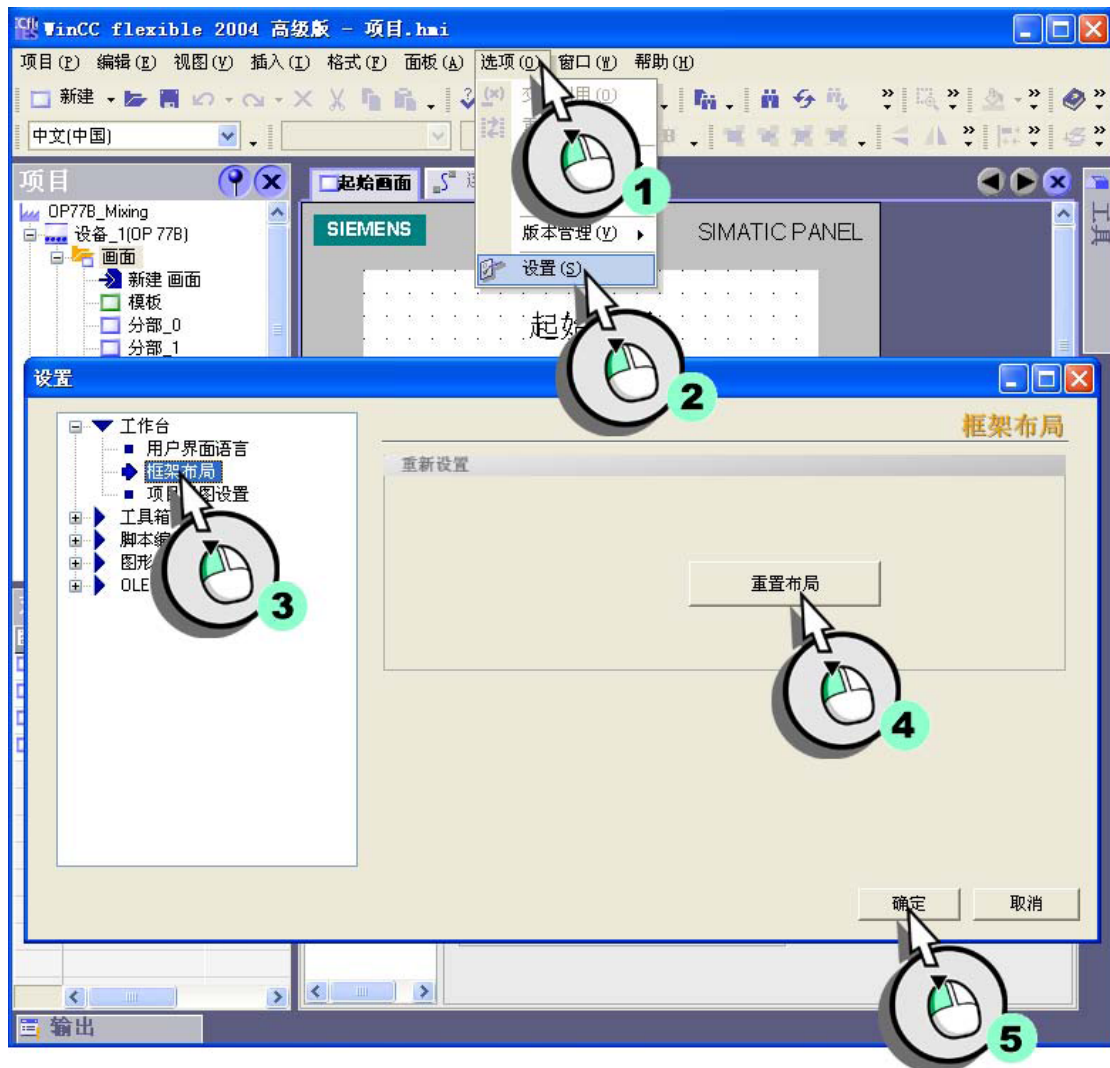


对象视图包含项目视图所选区域的内容，例如画面:



窗口排列的重设

将窗口停放在正确的位置需要稍加练习才行。因此，窗口的排列可以随时重设为其原来的设置。



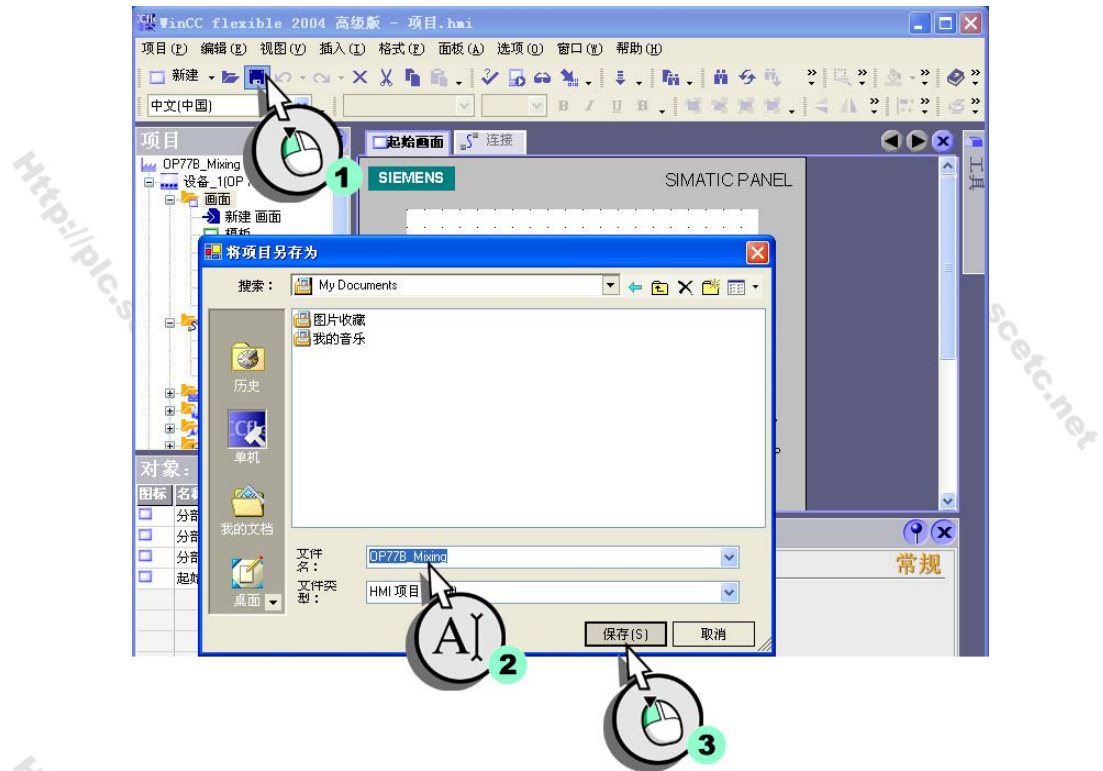
中断组态

为了中断组态工作，例如在第二天再继续工作，可以保存项目。第一次保存时，将提示用户为该项目输入一个名称：

[Http://plc.scetfc.net](http://plc.scetfc.net)

[Http://plc.scetfc.net](http://plc.scetfc.net)

[Http://plc.scetfc.net](http://plc.scetfc.net)



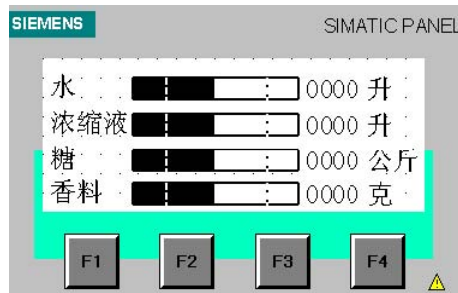
下一次 WinCC 启动时，该项目会显示于项目向导中：



7.7.2 创建画面

2.1 什么是画面？

画面是项目的主要元素。通过它们可以操作和监视果汁搅拌系统，例如，显示填充量或选择并传送混合比例。画面包含的对象有：输出域、文本域和用来显示填充量的显示域等等。



果汁搅拌系统的用户界面由四个画面组成。下列章节说明水、浓缩果汁、糖和香料的填充量组态。填充量应以图形和数字两种形式显示在 HMI 设备上。

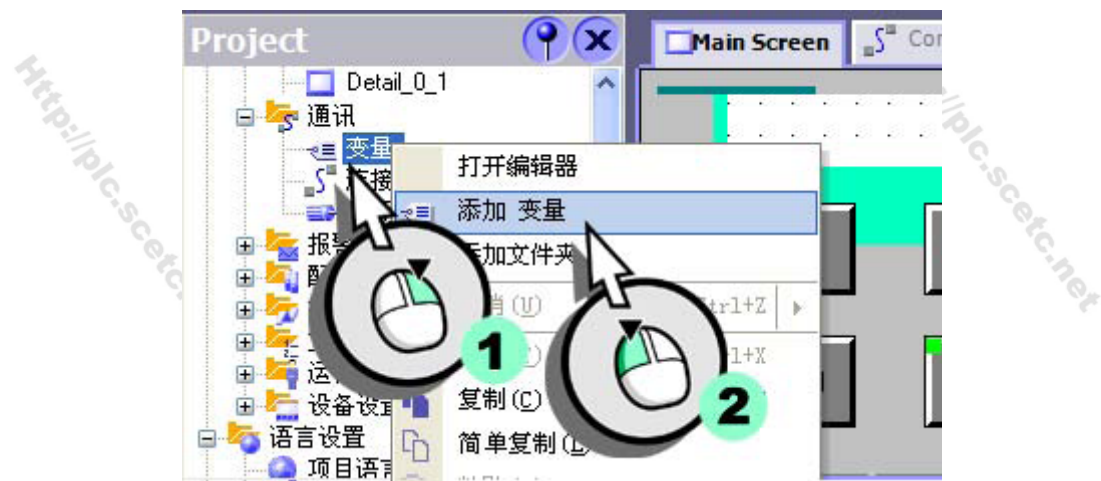
2.2 组态填充量显示

需要使用下列对象来组态填充量显示：

- 储存填充量的变量
- 以数字形式显示填充量的输出域
- 以图形方式显示填充量的棒图
- 用于设定标签的文本域

创建填充量变量

1. 创建用来存储水填充量的变量：



2. 组态变量：



变量所存储的罐填充量是通过测量发送器来确定的。通过通讯连接在控制器和 HMI 设备之间传送数据。

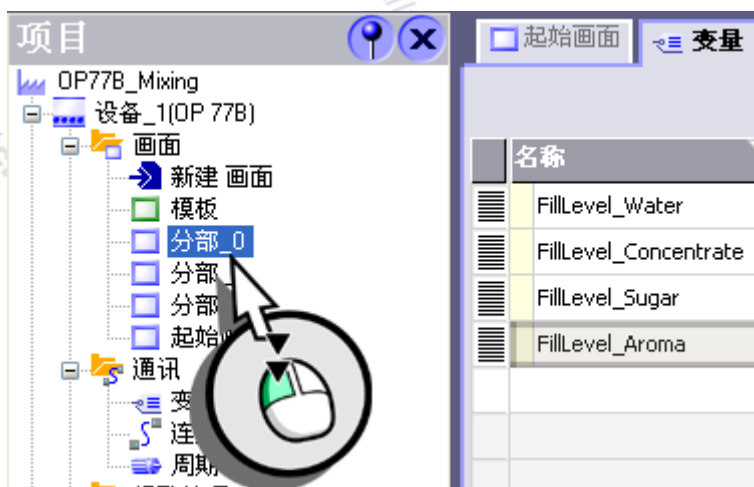


3. 使用相同的步骤创建"FillLevel-Concentrate"、"FillLevel-Sugar" 和 "FillLevel-Aroma" 变量:



创建用于数字显示填充量的输出域

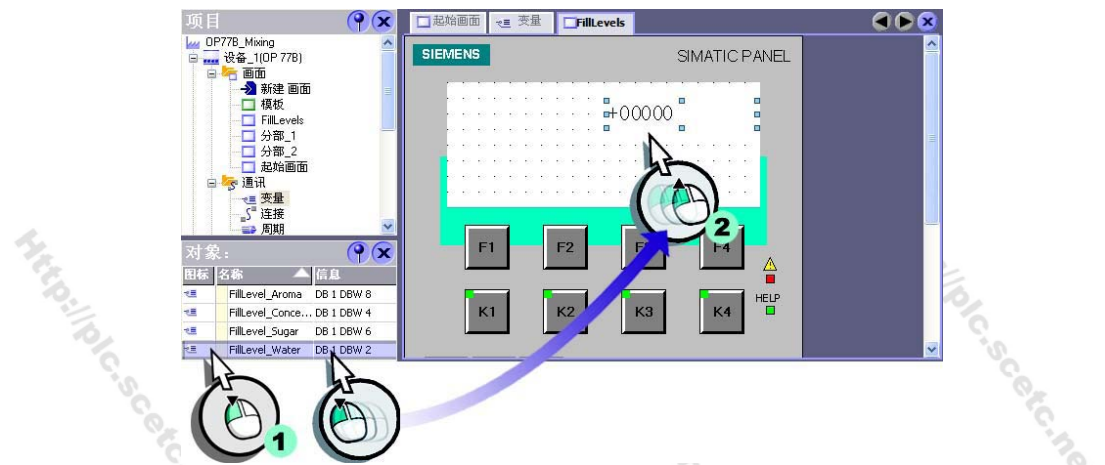
1. 创建新的画面:



2. 输入"FillLevels" 作为新的画面名称:



3. 在可以显示水填充量的画面中插入 I/O 域:



如果使用拖放操作将变量拖放到画面上, 则会自动创建与该变量相连的输入/输出域 (I/O域)。

4. 在属性视图中组态 I/O 域的输出格式:

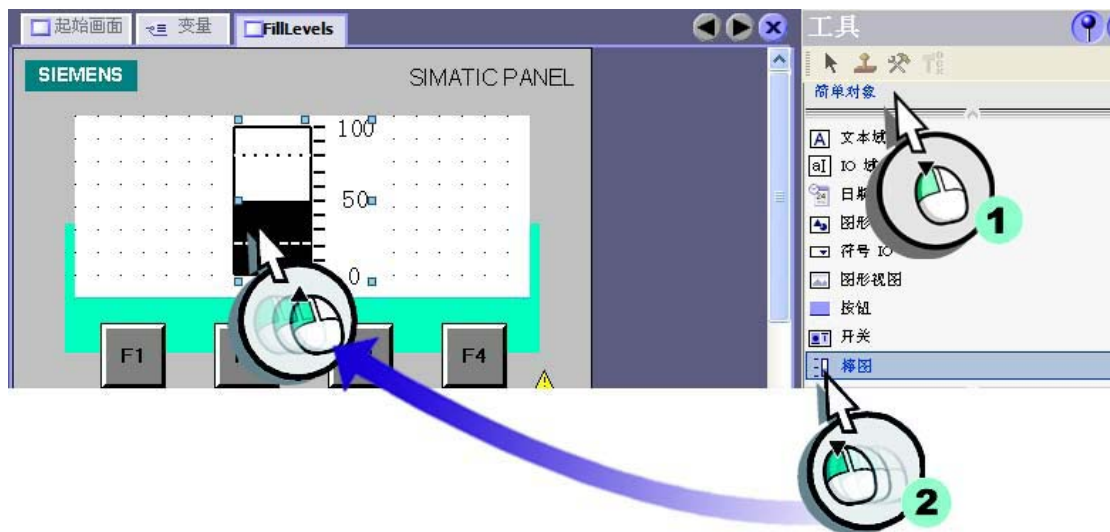


5. 调整 IO 域的大小:



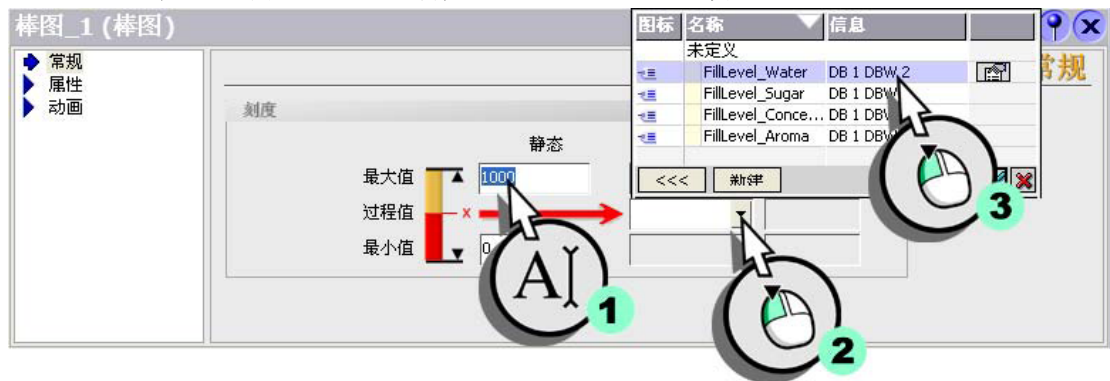
创建用于图形显示填充量的棒图

1. 在画面中插入棒图

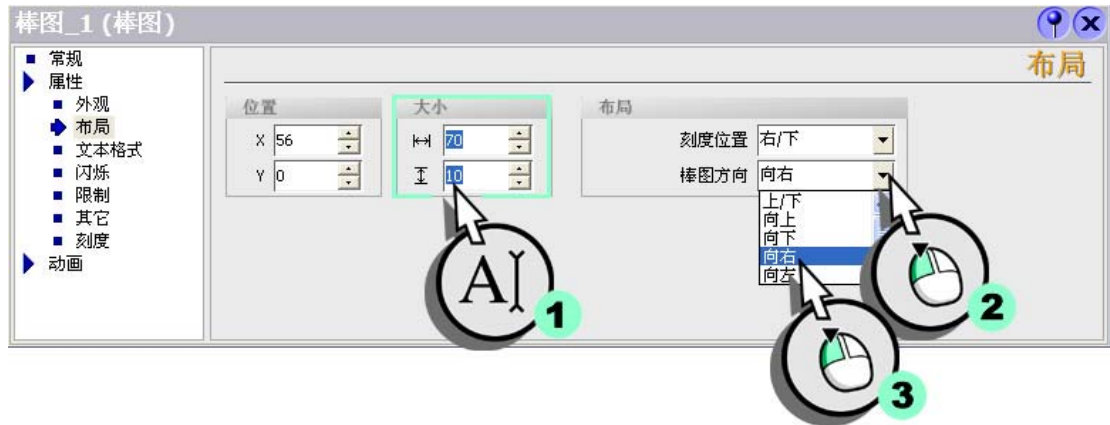


2. 在属性视图中组态棒图:

- 输入罐 (1) 的容量, 然后选择 "FillLevel-Water" 变量 (2、3):



- 调整大小 (1), 然后将棒图向右对齐 (2, 3):

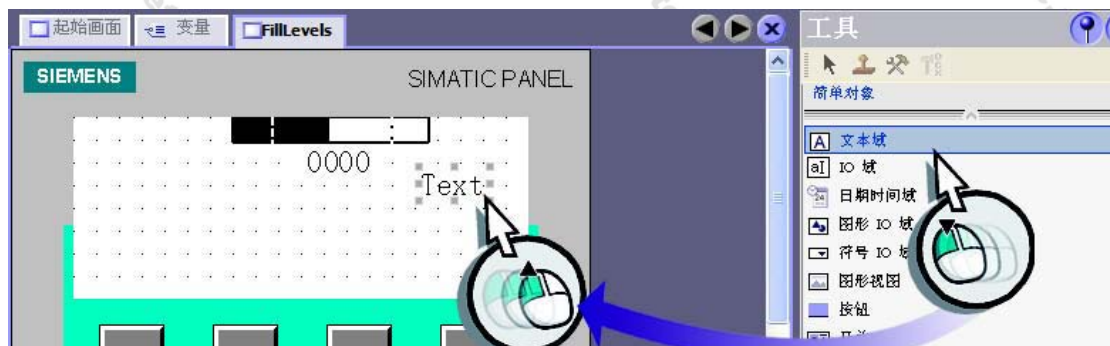


- 取消激活刻度指示器



创建文本域以设定填充量显示标签

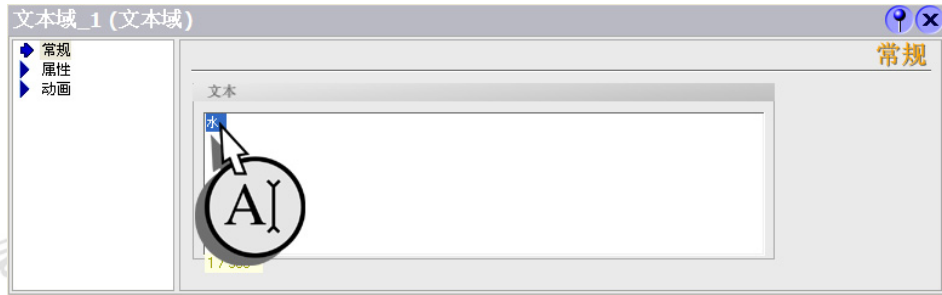
1. 插入文本域到画面中:



2. 在属性视图中输入代表水的"W":

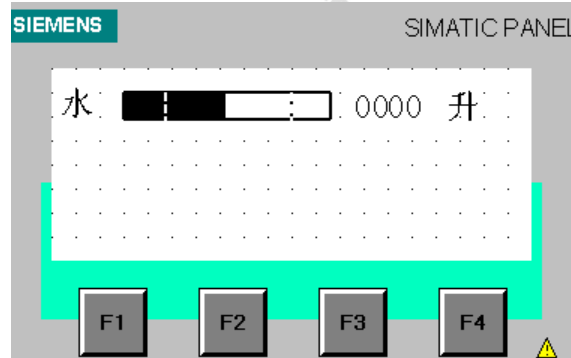


3. 以同样的方法创建另一个代表单位"升"的标记为"1"的文本域。



排列文本域、棒图和输出域。

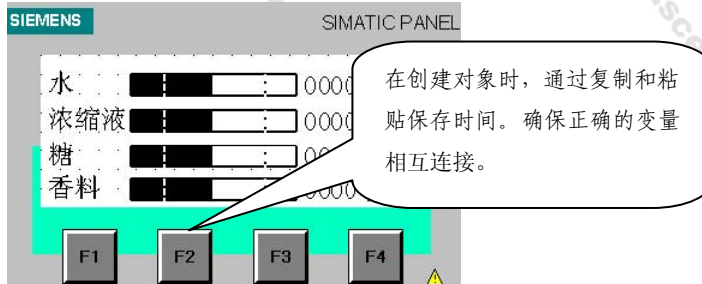
1. 在视图中定位两个文本域、棒图和 I/O 域：



在创建对象时，通过复制和粘贴保存时间。确保正确的变量相互连接。

添加果汁、糖和香料的填充量显示

1. 用同样的方法创建果汁、糖和香料的填充量显示：



填充量显示已组态。当系统运行时，操作员可以读取 HMI 设备上罐的当前填充量。

7.7.3 组态报警

3.1 什么是报警？

报警可用于指示在果汁搅拌系统中出现或经常出现的事件或操作状态。例如，清除故障期间可用报警进行诊断。报警区分如下：

- 离散量报警指示果汁搅拌系统中状态的变化，可以由控制器触发。例如，指示阀是否打开或关闭。

- 模拟量报警指示值已经移动到允许范围的限制值之外。模拟量报警将触发，例如当电机的速度降低到指定值以下时。

3.2 组态离散量报警

果汁搅拌系统中的每一个罐都装配有进给阀。下列章节说明如何组态报警显示，以显示水、果汁、糖和香料所使用的进给阀的状态(打开或关闭)。当操作期间打开或关闭阀时，将触发相应的离散量报警。

创建变量以存储状态

阀的状态存储在 "Valve-Status" 变量中。在变量中为每一状态都分配了一个位。

- 水阀：第 0 位和第 1 位
- 果汁阀：第 2 位和第 3 位
- 糖阀：第 4 位和第 5 位
- 香料阀：第 6 位和第 7 位

1. 创建"Valve-Status"变量：



2. 组态变量：



创建用于状态显示的报警

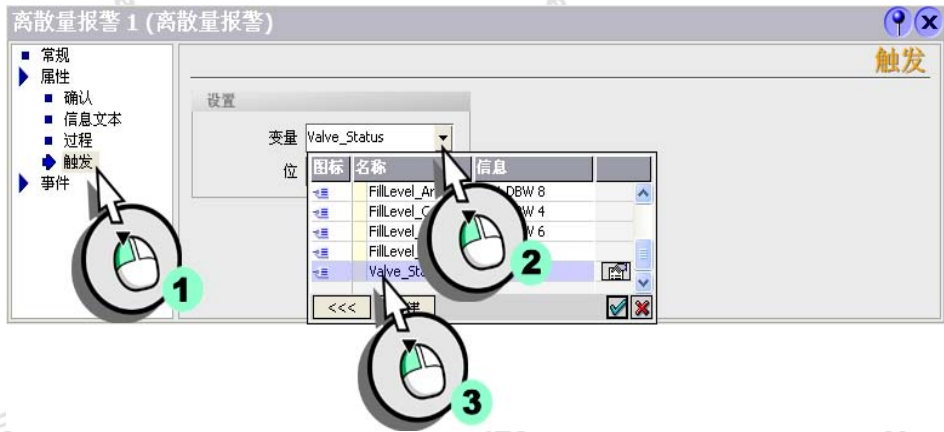
1. 创建新的离散消息：



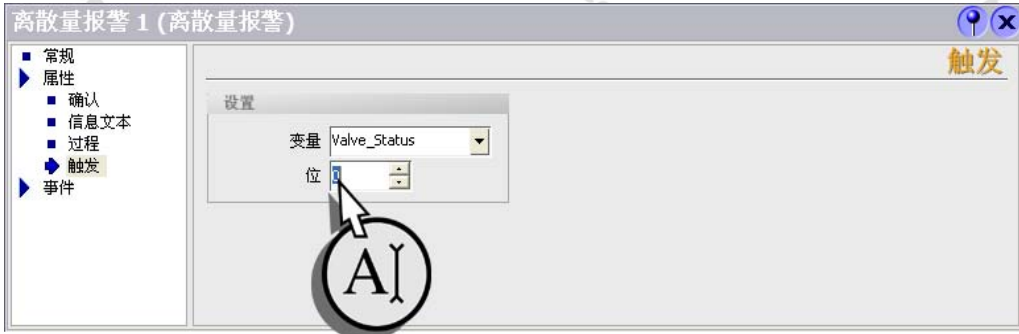
在属性视图中创建离散量报警：-输入"阀(水)打开" (1) 并选择报警类别 (2, 3)：



-选择存储阀状态的变量。



- 选择代表" 打开" 状态的位号:



当水罐阀打开时，离散量报警" 阀(水) 打开" 将触发。

3. 用同样的方法组态离散量报警" 阀(水) 关闭"。

4. 组态用于" 果汁"、" 糖" 和" 香料" 阀的离散量报警:

文本	编号	类别	触发变量	位号
阀(水) 打开	1	报警	Valve_Status	0
阀(水) 关闭	2	报警	Valve_Status	1
阀(浓缩液) 打开	3	报警	Valve_Status	2
阀(浓缩液) 关闭	4	报警	Valve_Status	3
阀(糖) 打开	5	报警	Valve_Status	4
阀(糖) 关闭	6	报警	Valve_Status	5
阀(香料) 打开	7	报警	Valve_Status	6
阀(香料) 关闭	8	报警	Valve_Status	7

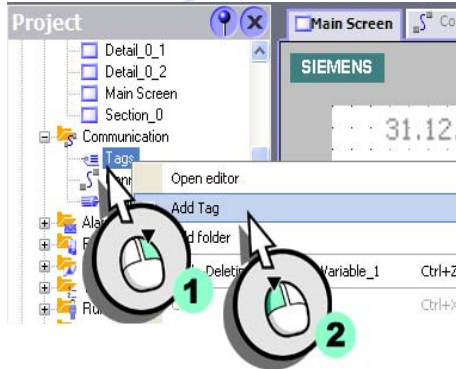
3.3 组态模拟量报警

果汁搅拌系统的搅拌槽装配有搅拌器，必须对其速度加以监控。当速度移动到上下限值以外时，相应的报警应显示在 HMI 设备上。

创建存储速度的变量

搅拌器的速度存储在 "Mixer_Speed" 变量中。

1. 创建 "Mixer_Speed" 变量:



2. 组态变量



3. 检查 "周期性的持续" 采集模式是否在属性窗口的常规标签页下已设置。

变量的周期更新添加到系统负载中。因此，只能使用系统限制范围中的周期更新 (WinCC 信息系统 > 性能 > 系统限制)

创建用于速度监控的报警

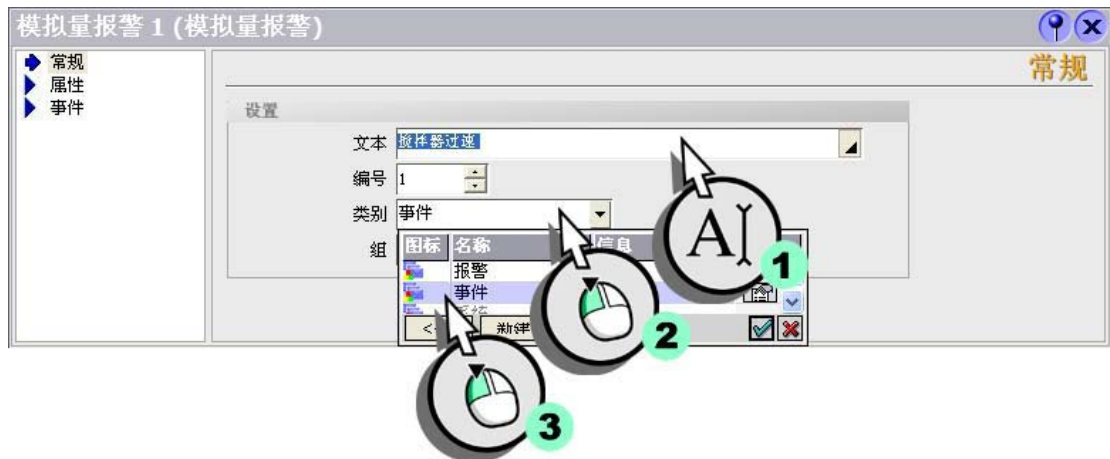
1. 创建新的模拟量报警:



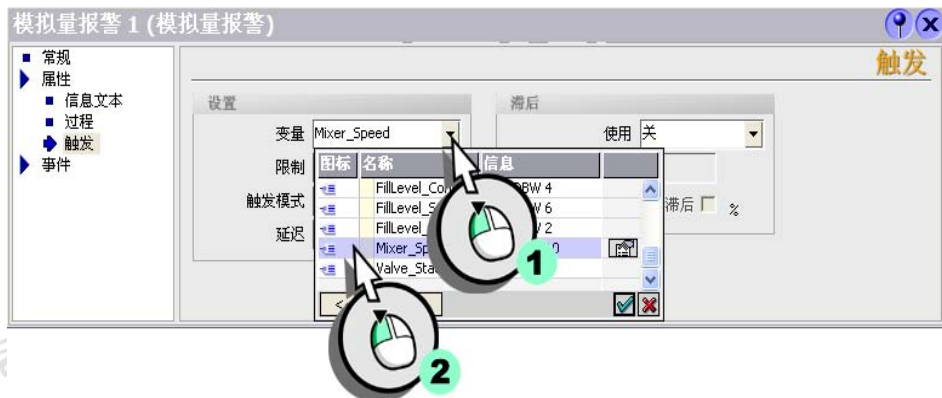
2. 在属性视图中组态模拟量报警:

※ "Errors" 报警类别的报警必须由操作员确认。

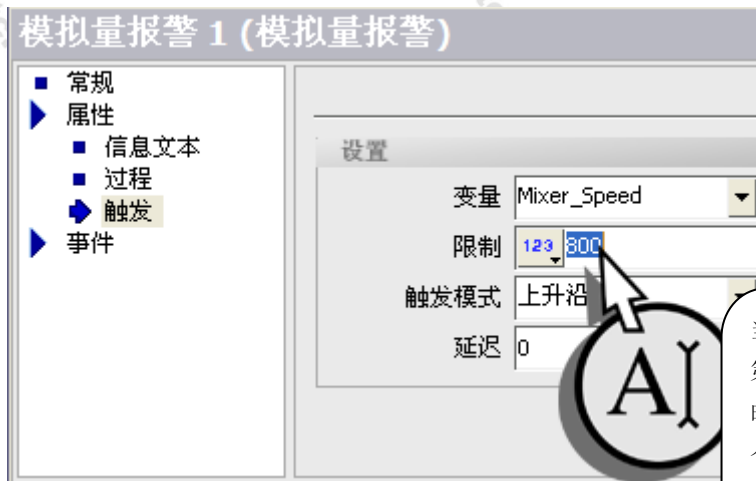
-输入 "搅拌器超速" (1) 作为报警文本并选择报警类别 (2, 3):



- 搅拌器的速度存储在 "Mixer_Speed" 变量中。选择 "Mixer_Speed" 变量：



- 输入 "800" 作为最大的许可速度：



- 选择 "在上升沿"：

当用户双击空行创建第二个模拟量报警时，将采用来自第一个模拟量报警的设置。报警编号自动增加。



3. 用同样的方法组态"搅拌器欠速"报警。在速度降到 400 以下("下降沿"处)时,应触发报警。

4.4 组态报警视图

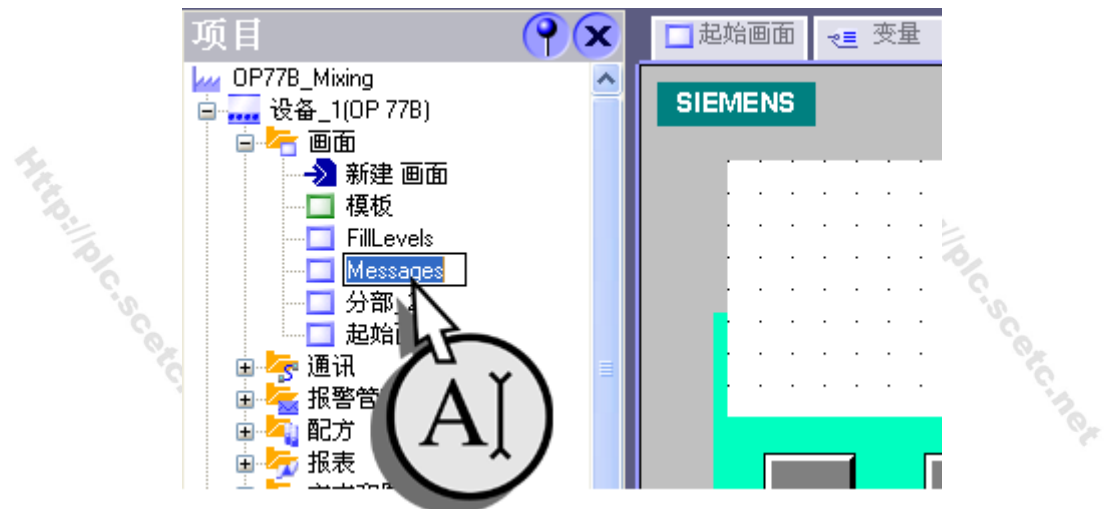
错误报警窗口确保用户已经获知运行期间的异常现象。错误报警窗口出现在每一个画面中。报警视图显示所有目前出现的错误报警和警告报警。下列章节说明如何组态报警视图以在 HMI 设备上显示报警。

创建报警视图

1. 创建新的画面:



2. 输入"Messages"作为新的画面名称:



将报警视图拖动到显示中:



4. 在属性视图中组态报警视图:

-进行选择以便"Warnings"和"Errors"报警类别显示在报警视图中:



-做出必需的选择以便最后进入的消息显示在第一行，报警文本带时间显示。



当系统运行时，水、果汁、糖和香料阀的状态以棒图显示出现在 HMI 设备上。搅拌器的速度偏离通过单独报警窗口中带时间说明的报警显示出来，该窗口是缺省情况下在模板中组态的。

7.7.4 创建配方

4.1 什么是配方？

配方包含相关生产数据的组合，例如混合比例。混合比例可以在单个工作步骤中

从 HMI 设备传送到果汁搅拌系统，以便（例如）从橙汁生产转为橙子蜜露生产。果汁搅拌系统可以生产"橙子"、"苹果"和"热带水果"味的饮品。为每一种味道创建一个配方。每种味道所需的配料在配方中定义。

因此每一个配方包含三条配方记录，其中存储着用于"果汁"、"蜜露"和"饮料"的混合比例。

配方包含生产参数。通过配方可以用最简单的方法来将果汁生产转换为其它味道的饮品生产。

4.2 创建新配方

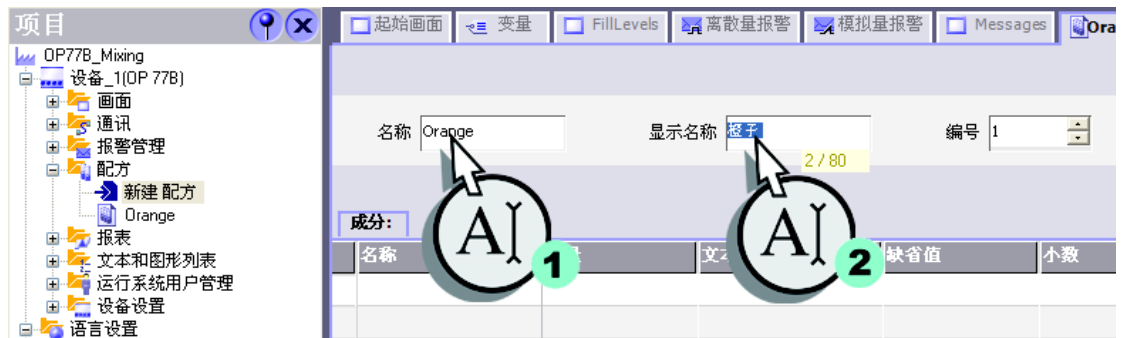
下列章节说明如何创建"Orange" 配方连同对应果汁、蜜露和饮料的相关混合比例。

创建一个"Orange" 味道的配方

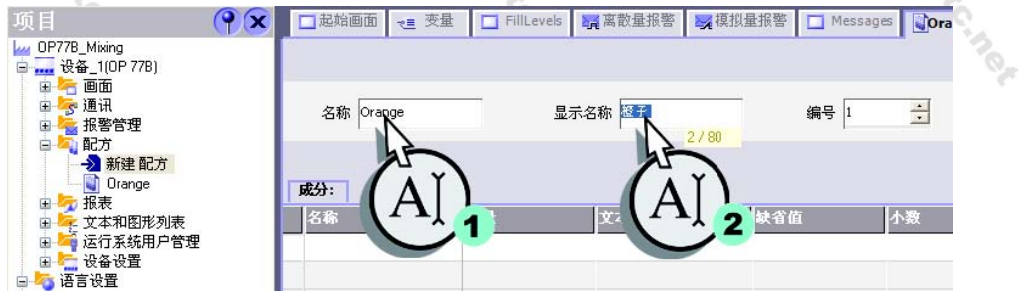
1. 创建新的配方：



2. 输入配方的名称和视图名称：



3. 选择配方数据要保存在 HMI 设备上的路径:



创建用于配料数量的变量

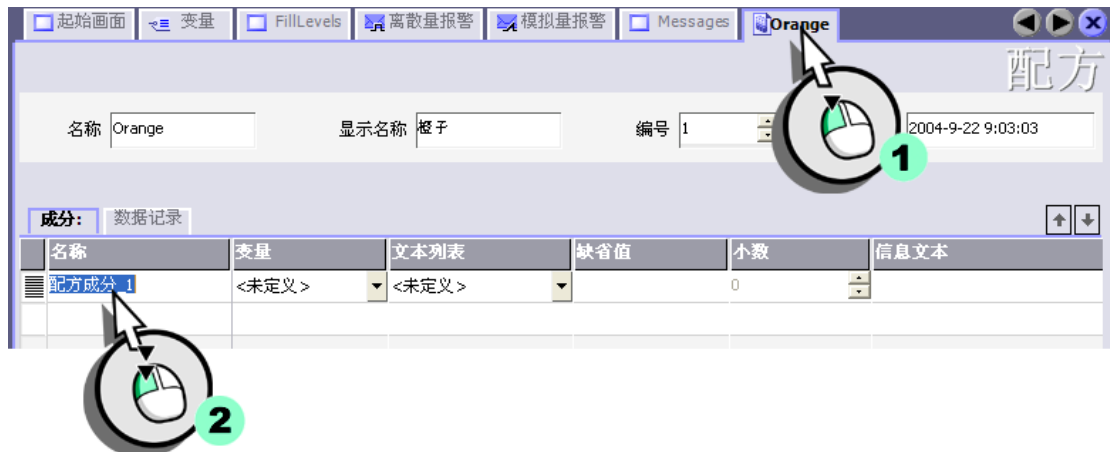
需要四个变量以便将混合比例传送到果汁搅拌系统。每个变量都包含一种配料的数量。使用以下设置创建 "Litre-Water"、"Litre-Concentrate"、"Kilo-Sugar" 和 "Gram-Aroma" 变量:

名称	连接	数据类型	地址	数组计数	采集周期
FillLevel_Concentrate	连接_1	Int	DB 1 DBW 4	1	1 s
FillLevel_Sugar	连接_1	Int	DB 1 DBW 6	1	1 s
FillLevel_Aroma	连接_1	Int	DB 1 DBW 8	1	1 s
Valve_Status	连接_1	Int	DB 1 DBW 0	1	1 s
Mixer_Speed	连接_1	Int	DB 1 DBW 10	1	1 s
Litre_Water	连接_1	Int	DB 1 DBW 12	1	1 s
Litre_Concentrate	连接_1	Int	DB 1 DBW 14	1	1 s
Kilo_Sugar	连接_1	Int	DB 1 DBW 16	1	1 s
Gram_Aroma	连接_1	Int	DB 1 DBW 18	1	1 s

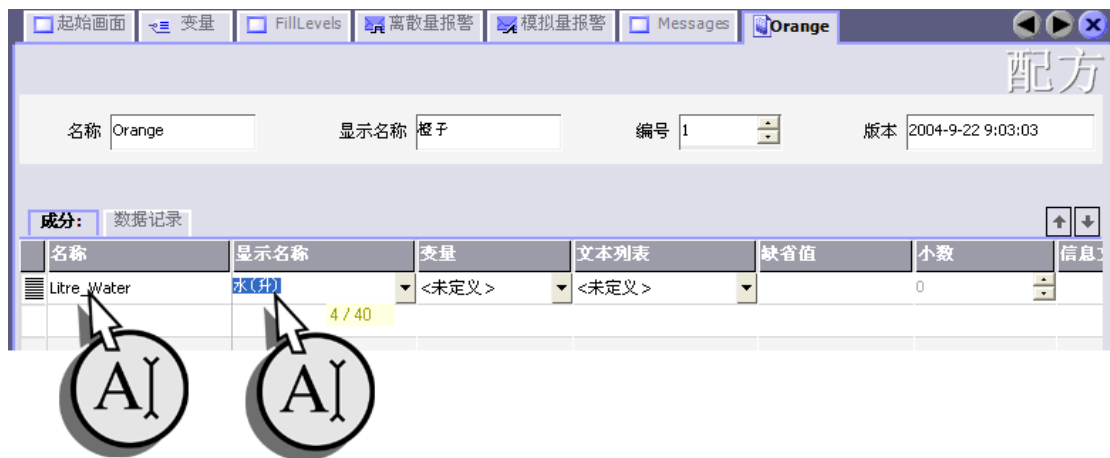
创建用于配料的配方元素

对于每一种配料(本实例中为水、糖和香料)都需要一个配方元素。

1. 创建一个新的 "Litre-Water" 配方元素:



2. 输入配方元素的名称和视图名称:



3. 将配方元素链接到 "Litre_Water" 变量:



4. 使用相同的步骤创建配方元素 "Litre Concentrate", "Kilo Sugar" 和 "Gram Aroma":

名称	显示名称	变量	文本列表	缺省值	小数	信息
Litre_Water	水(升)	Litre_Water	<未定义>	0	0	
Litre_Concentrate	浓缩液(升)	Litre_Concentrate	<未定义>	0	0	
Kilo_Sugar	糖(千克)	Kilo_Sugar	<未定义>	0	0	
Gram_Aroma	香料(克)	Gram_Aroma	<未定义>	0	0	

输入混合比例

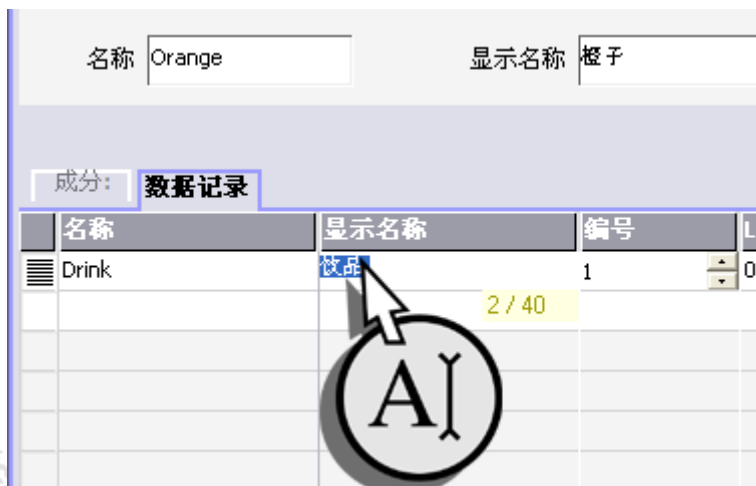
对于每种饮品："果汁"、"蜜露"和"饮料"，都需要一个指定的配料数量。混合比例存储在配方数据记录中。

※混合比例也可以在外部程序中输入，例如 MS Excel，然后导入 HMI 设备。

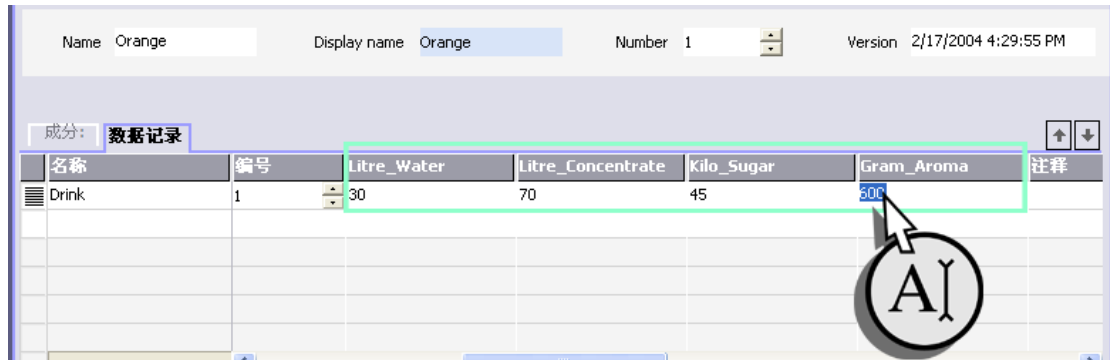
1. 创建新的"Beverage" 配方数据记录



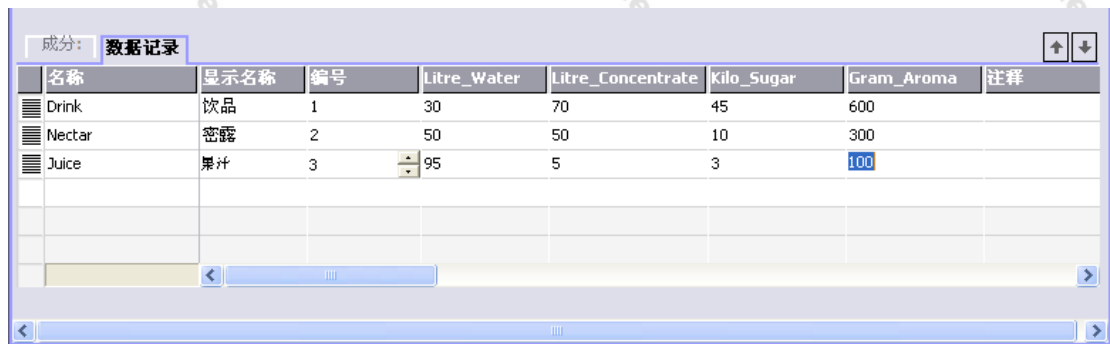
2. 输入名称、视图名称和编号:



3. 输入配料的数量:



4. 用同样的方法，创建"Nectar" 和"Juice" 配方数据记录：



4.3 组态配方视图

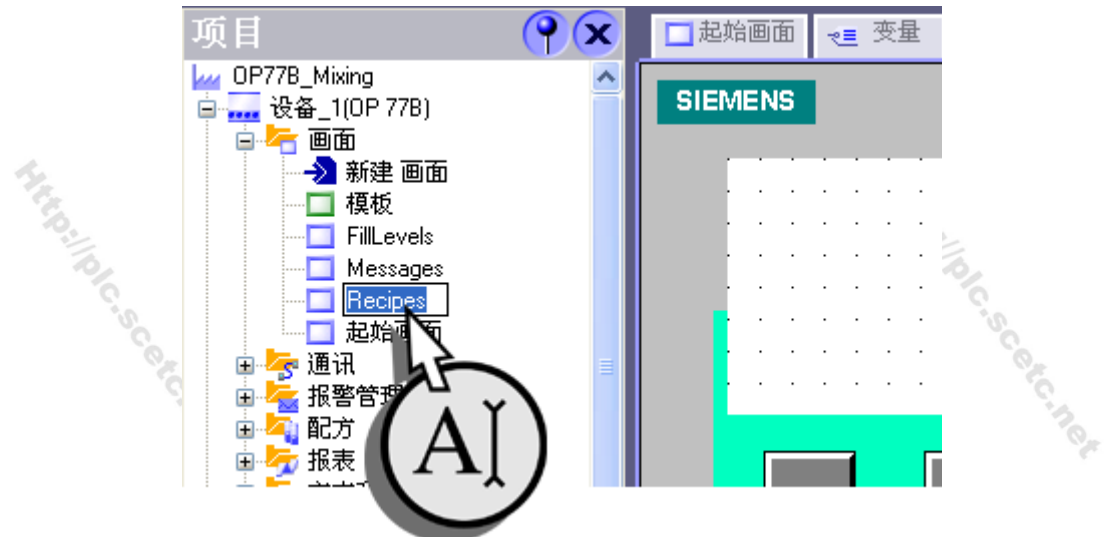
下列命令在 HMI 设备上应该可以使用。

- 创建配方数据记录
 - 保存配方数据记录
 - 删除配方数据记录
 - 将配方数据记录传送给果汁搅拌系统
 - 从果汁搅拌系统中读取配方数据记录
- 为此，插入配方视图：

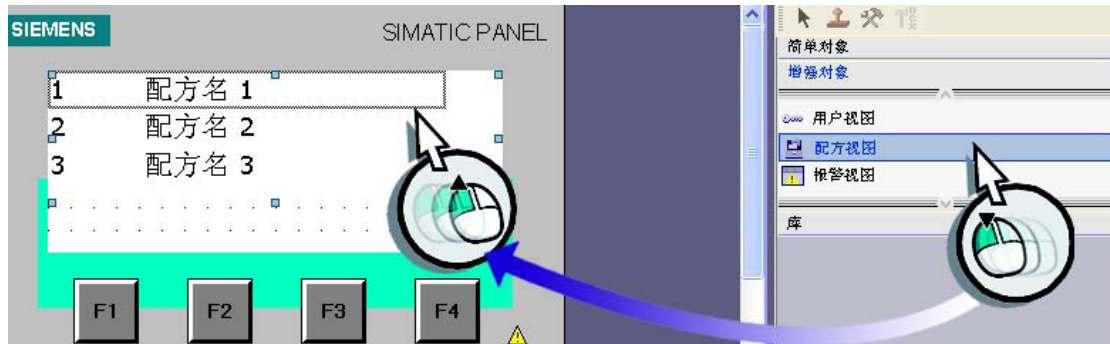
1. 创建新的画面：



2. 输入"Recipes" 作为新的画面名称：



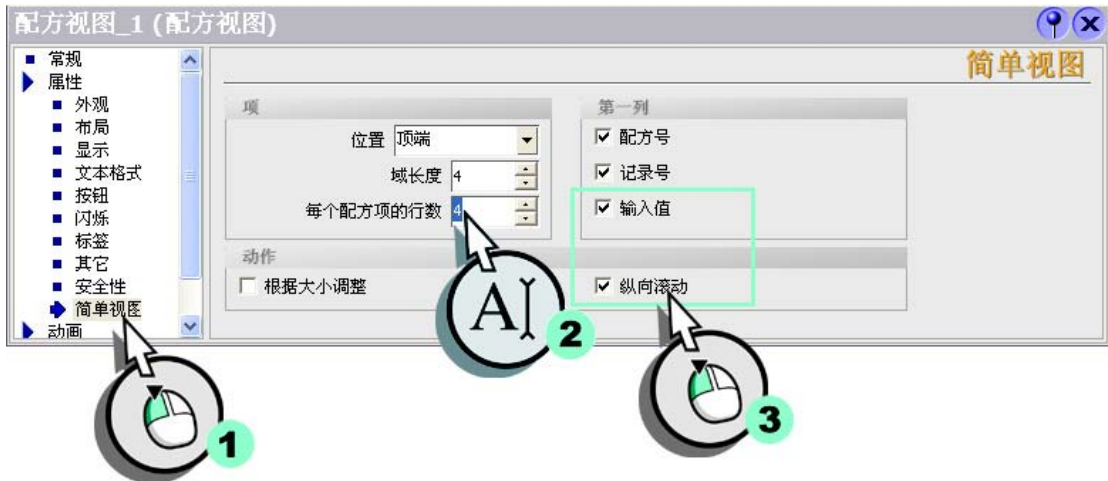
3. 将配方视图拖动到显示中:



4. 启用配方视图中可以获得的命令。



5. 然后定义下列视图设置:



7.7.5 添加画面切换

5.1 什么是画面切换?

在"OP 77B_Mixing"项目中现已组态了下列画面:

- 填充量
- 报警视图
- 配方视图

为了运行时能够在 HMI 设备上的这些画面间切换,可以添加画面切换功能。画面切换功能指定给了 HMI 设备上的软键<F1> 到<F4>。<K4> 键应该用来关闭 HMI 设备。

5.2 添加画面切换

在将画面切换分配给这些软键之前,必须创建选择画面。选择画面向操作员显示必须使用哪一个键来切换到 HMI 设备上指定的画面。

创建选择画面来显示软键分配

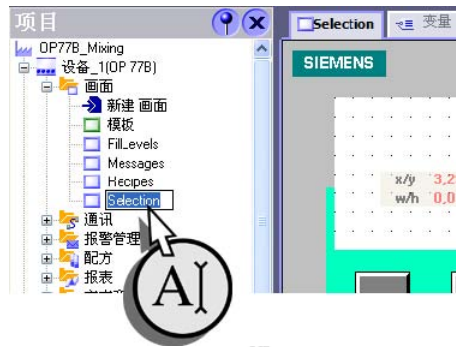
1. "Screen"画面:



2. 重命名 "Start Screen":



3. 输入"Selection"作为新的画面名称:



4. 删除画面上带有画面名称的文本域。

5. 用以下内容创建五个文本域:

- "F1 = Fill Levels"

- "F2 = Alarms"

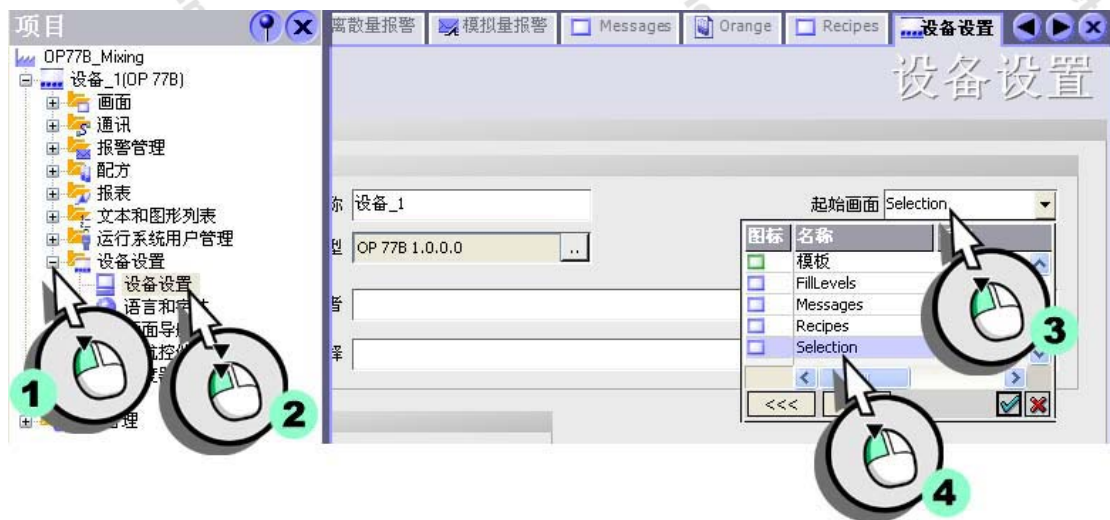
- "F3 = Recipes"

- "F4 = Choices"

- "K4 = Exit"



在设备设置中定义起始画面。项目向导已经注册了起始画面:



定义起始画面

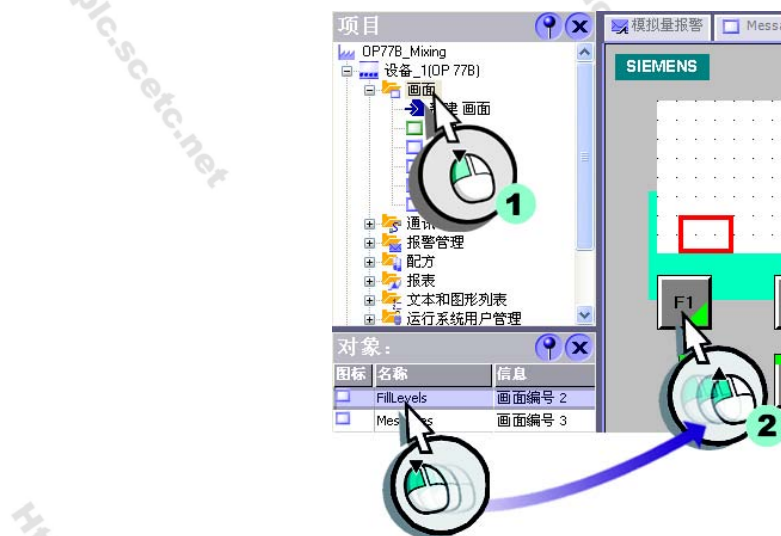


分配用于画面切换的软键

1. 打开模板:



2. 软键<F1> 用于切换到"FillLevels":

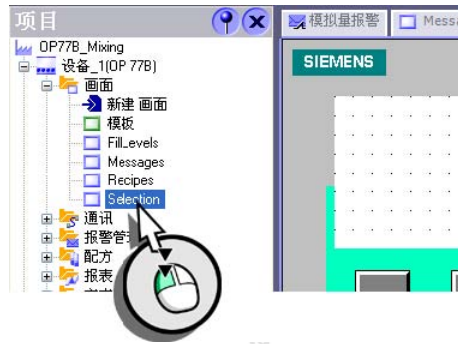


在运行时按下 HMI 设备上的<F1> 软键，配方视图的画面将出现在显示屏上。

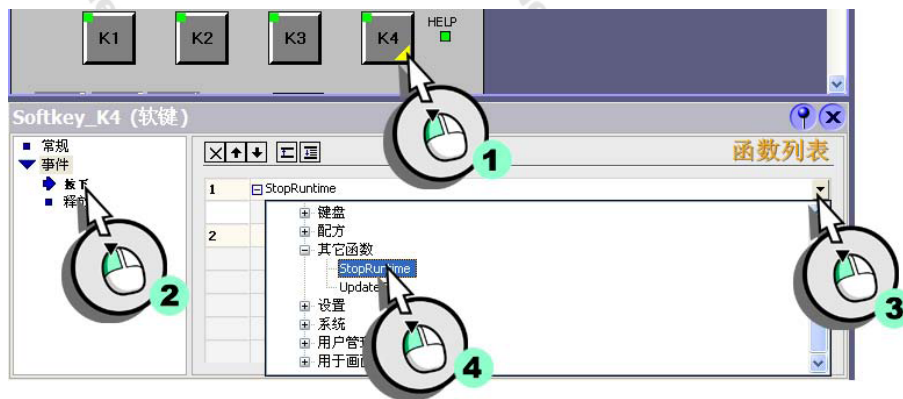
3. 软键<F2>、<F3> 和<F4> 用于切换到"Messages"、"Recipes" 和"Selection".

组态 HMI 设备的取消激活

1. 打开"Selection" 画面:



2. 将"StopRuntime" 系统函数分配给<K4> 键:



3. 保存项目以便设置生效。

7.7.6 测试并模拟项目

6.1 测试项目

您已经创建了第一个项目：在结束组态工作之前，可以通过移植一致性检查函数和 WinCC 提供的模拟器来测试和模拟项目。

移植一致性检查确保了例如保持数值范围以及指示出无效的输入等。

1. 启动移植一致性检查：



一致性检查的结果出现在输出视图中：

输出		
时间	分类	描述
10:39:21.45	编译器	75% 已完成, 剩余 662 个步骤 ...
10:39:21.96	编译器	87% 已完成, 剩余 362 个步骤 ...
10:39:22.46	编译器	98% 已完成, 剩余 57 个步骤 ...
10:39:24.16	编译器	100% 已完成, 剩余 0 个步骤 ...
10:39:25.49	编译器	连接目标“设备_1”...
10:39:28.19	编译器	已用的外部变量的数目：8。
10:39:29.96	编译器	成功, 有 0 个错误, 0 个警告
10:39:30.91	编译器	正在生成配方数据记录文件...
10:39:30.92	编译器	时间标志：22.09.2004 10:39 - 使用了 161492 个字节, 最大 1048576 个字节。
10:39:45.33	编译器	保存运行对象 ...
10:39:46.37	编译器	保存完成!

6.2 模拟项目

模拟功能能够找出逻辑组态错误，例如不正确的限制值。

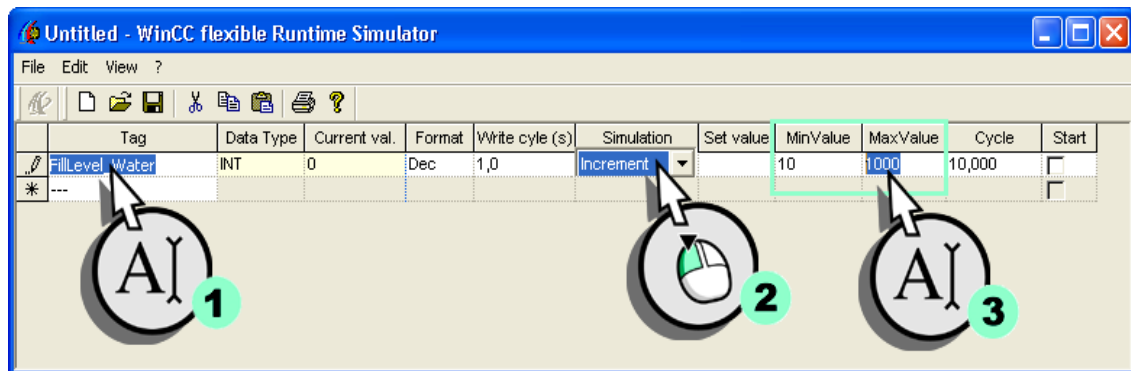
下列章节说明如何模拟填充量指示器和用于阀状态的报警。

创建模拟表格

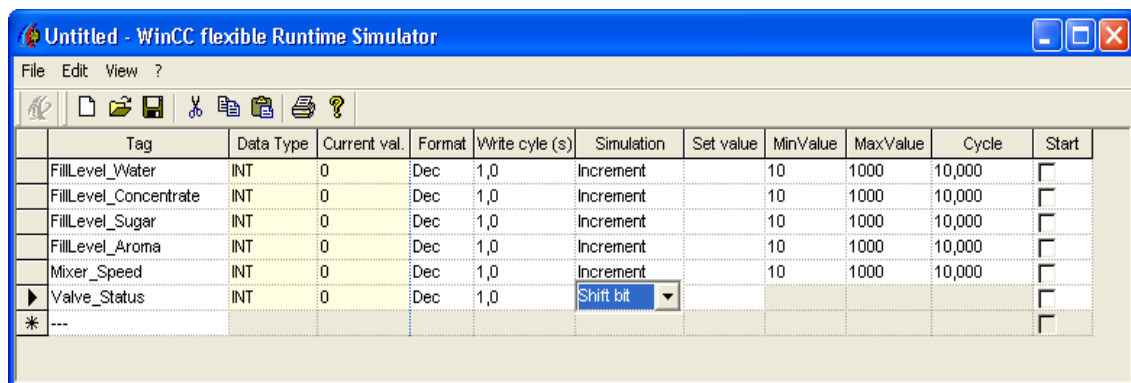
1. 启动模拟器：



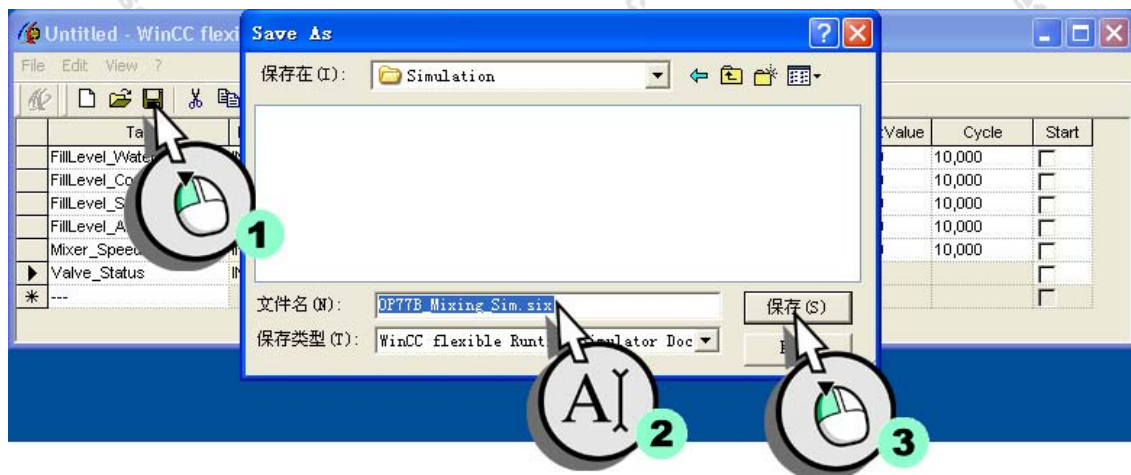
2. 选择"FillLevel.Water" 变量，然后输入模拟值：



3. 在模拟表格中输入 "FillLevel-Concentrate"、"FillLevel-Sugar"、"FillLevel-Aroma"、"Mixer-Speed" 和 "Valve-Status" 变量，完成模拟表格输入：

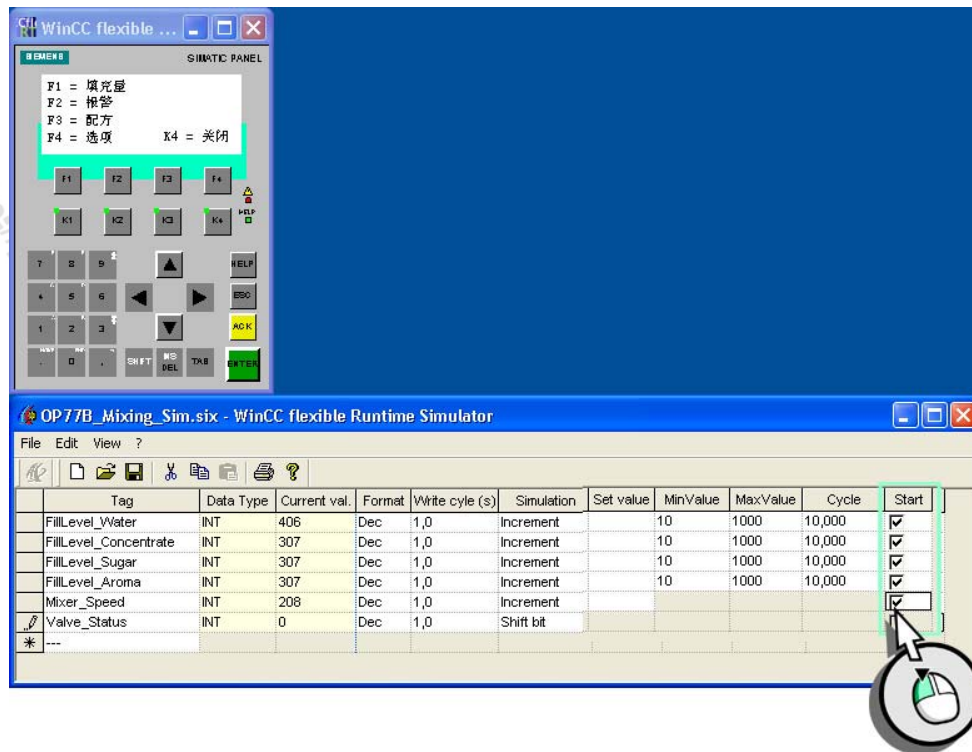


4. 保存模拟表格

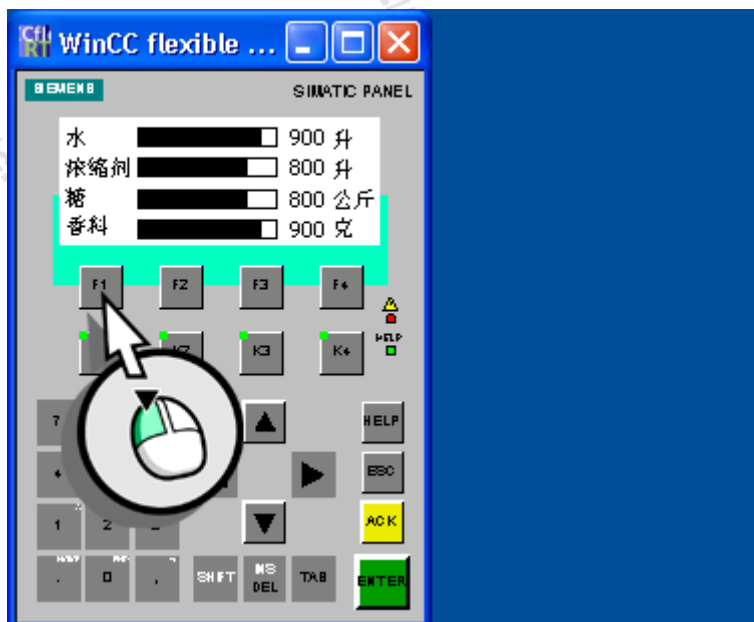


模拟项目

1. 启动模拟：



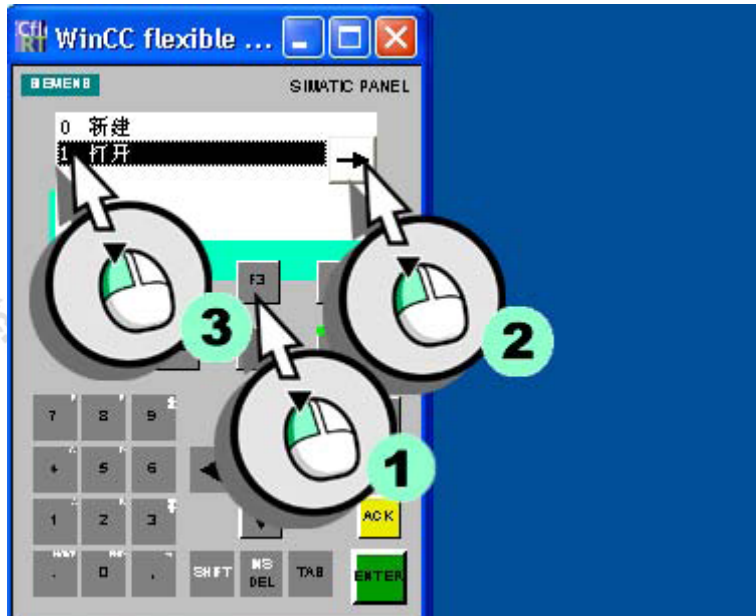
2. 切换到"FillLevels"画面并观察填充量的变化情况:



3. 切换到"Messages"画面, 然后观察如何触发阀状态上的报警:



4. 切换到"Recipes" 画面, 然后打开任一配方数据记录:



7.8 变频器使用

7.8.1 变频器基础知识

1.1 变频器基本概念

1: VVVF 是 Variable Voltage and Variable Frequency 的缩写, 意为改变电压和改变频率, 也就是人们所说的变压变频。

2: CVCF 是 Constant Voltage and Constant Frequency 的缩写, 意为恒电压、恒频率, 也就是人们所说的恒压恒频。

我们使用的电源分为交流电源和直流电源, 一般的直流电源大多是由交流电源通过变压器变压, 整流滤波后得到的。交流电源在人们使用电源中占总使用电源的 95% 左右。

无论是用于家庭还是用于工厂, 单相交流电源和三相交流电源, 其电压和频率均按各国的规定有一定的标准, 如我国大陆规定, 直接用户单相交流电为 220V, 三相交流电线电压为 380V, 频率为 50Hz, 其它国家的电源电压和频率可能于我国的电压和频率不同, 如有单相 100V/60Hz, 三相 200V/60Hz 等等, 标准的电压和频率的交流供电电源叫工频交流电。通常, 把电压和频率固定不变的工频交流电变换为电压或频率可变的交流电的装置称作“变频器”。

为了产生可变的电压和频率, 该设备首先要把电源的交流电变换为直流电 (DC), 这个过程叫整流。把直流电 (DC) 变换为交流电 (AC) 的装置, 其科学术语为 “inverter” (逆变器)。

一般逆变器是把直流电源逆变为一定的固定频率和一定电压的逆变电源。对于逆变为频率可调、电压可调的逆变器我们称为变频器。

变频器输出的波形是模拟正弦波, 主要是用在三相异步电动机调速用, 又叫变频调速器。对于主要用在仪器仪表的检测设备中的波形要求较高的可变频率逆变器, 要对波形进行整理, 可以输出标准的正弦波, 叫变频电源。一般变频电源是变频器价格的 15 - - 20 倍。

由于变频器设备中产生变化的电压或频率的主要装置叫 “inverter”, 故该产品本身就被命名为 “inverter”, 即: 变频器。

变频器也可用于家电产品。使用变频器的家电产品中, 不仅有电机 (例如空调等), 还有荧光灯等产品。

用于电机控制的变频器, 既可以改变电压, 又可以改变频率。但用于荧光灯的变频器主要用于调节电源供电的频率。

汽车上使用的由电池 (直流电) 产生交流电的设备也以 “inverter” 的名称进行出售。变频器的工作原理被广泛应用于各个领域。例如计算机电源的供电, 在该项应用中, 变频器用于抑制反向电压、频率的波动及电源的瞬间断电。

7.8.2 交流异步电动机变频调速原理

$$n = 60f/p(1-s)$$

n: 电机的转速

f: 电源频率

p: 电机磁极对数

s: 电机的转差率

电机旋转速度单位: 每分钟旋转次数, rpm/min 也可表示为 rpm

电机的旋转速度同频率成比例 同步电机的转差率为 0, 同步电机的转速 = 60(秒) * 频率

(Hz) / 电机的磁极对数。异步的转速比同步电机的转速低。

例如：4 极三相异步电机 60Hz 时 低于 1,800 [r/min] 4 极三相异步电机 50Hz 时低于 1,500 [r/min]

本文中所指的电机为感应式交流电机，在工业领域所使用的大部分电机均为此类型电机。

感应式交流电机（以后简称为电机）的旋转速度近似地取决于电机的极对数和频率。

由电机的工作原理决定电机的磁极对数是固定不变的。由于电机的磁极对数 1 个磁极对数等于 2 极，电机的极数不是一个连续的数值（为 2 的倍数，例如极数为 2, 4, 6），所以不适和改变该值来调整电机的速度。

另外，频率是电机供电电源的电信号，所以该值能够在电机的外面调节后再供给电机，这样电机的旋转速度就可以被自由的控制。

因此，以控制频率为目的的变频器，是作为电机调速设备的优选设备。改变频率和电压是最优的电机控制方法

如果仅改变频率，电机将被烧坏。特别是当频率降低时，该问题就非常突出。为了防止电机烧毁事故的发生，变频器在改变频率的同时必须要同时改变电压。

例如：为了使电机的旋转速度减半，变频器的输出频率必须从 60Hz 改变到 30Hz，这时变频器的输出电压就必须从 400V 改变到约 200V。

7.8.3 变频器散热问题

3.1 如果要正确的使用变频器，必须认真地考虑散热的问题。

变频器的故障率随温度升高而成指数的上升。使用寿命随温度升高而成指数的下降。环境温度升高 10 度，变频器使用寿命减半。因此，使用变频器时要重视散热问题。

在变频器工作时，流过变频器的电流是很大的，变频器产生的热量也是非常大的，不能忽视其发热所产生的影响

通常，变频器安装在控制柜中。我们要了解一台变频器的发热量大概是多少。可以用以下公式估算：

发热量的近似值 = 变频器容量 (KW) × 55 [W] 在这里，如果变频器容量是以恒转矩负载为准的（过流能力 150% * 60s）如果变频器带有直流电抗器或交流电抗器，并且也在柜子里面，这时发热量会更大一些。电抗器安装在变频器侧面或测上方比较好。

这时可以用估算：变频器容量 (KW) × 60 [W] 因为各变频器厂家的硬件都差不多，所以上式可以针对各品牌的产品。注意：如果有制动电阻的话，因为制动电阻的散热量很大，因此最好安装位置最好和变频器隔离开，如装在柜子上面或旁边等。

3.2 怎样采能降低控制柜内的发热量呢？

当变频器安装在控制机柜中时，要考虑变频器发热值的问题。

根据机柜内产生热量值的增加，要适当地增加机柜的尺寸。因此，要使控制机柜的尺寸尽量减小，就必须要使机柜中产生的热量值尽可能地减少。

如果在变频器安装时，把变频器的散热器部分放到控制机柜的外面，将会使变频器有 70% 的发热量释放到控制机柜的外面。由于大容量变频器有很大的发热量，所以对大容量变频器更加有效。

还可以用隔离板把本体和散热器隔开，使散热器的散热不影响到变频器本体。这样效果也很好。

变频器散热设计中都是以垂直安装为基础的，横着放散热会变差的！

3.3 关于冷却风扇

一般功率稍微大一点的变频器，都带有冷却风扇。同时，也建议在控制柜上出风口安装冷却风扇。进风口要加滤网以防止灰尘进入控制柜。注意控制柜和变频器上的风扇都是要的，不能谁替代谁。其他关于散热的问题

- 在海拔高于 1000m 的地方，因为空气密度降低，因此应加大柜子的冷却风量以改善冷却效果。理论上变频器也应考虑降容，1000m 每-5%。但由于实际上因为设计上变频器的负载能力和散热能力一般比实际使用的要大，所以也要看具体应用。比方说在 1500m 的地方，但是周期性负载，如电梯，就不必要降容。

- 开关频率：变频器的发热主要来自于 IGBT，IGBT 的发热有集中在开和关的瞬间。因此开关频率高时自然变频器的发热量就变大了。有的厂家宣称降低开关频率可以扩容，就是这个道理。

7.8.4 变频器的制动

4.1 制动的概念

指电能从电机侧流到变频器侧（或供电电源侧），这时电机的转速高于同步转速。

负载的能量分为动能和势能。动能（由速度和重量确定其大小）随着物体的运动而累积。当动能减为零时，该事物就处在停止状态。

机械抱闸装置的方法是用制动装置把物体动能转换为摩擦和能消耗掉。

对于变频器，如果输出频率降低，电机转速将跟随频率同样降低。这时会产生制动过程。由制动产生的功率将返回到变频器侧。这些功率可以用电阻发热消耗。

在用于提升类负载，在下降时，能量（势能）也要返回到变频器（或电源）侧，进行制动。

这种操作方法被称作“再生制动”，而该方法可应用于变频器制动。在减速期间，产生的功率如果不通过热消耗的方法消耗掉，而是把能量返回送到变频器电源侧的方法叫做“功率返回再生方法”。在实际中，这种应用需要“能量回馈单元”选件。

4.2 怎样提高制动能力？

为了用散热来消耗再生功率，需要在变频器侧安装制动电阻。

为了改善制动能力，不能期望靠增加变频器的容量来解决问题。请选用“制动电阻”、“制动单元”或“功率再生变换器”等选件来改善变频器的制动容量。

4.3 当电机的旋转速度改变时，其输出转矩会怎样？

变频器驱动时的起动转矩和最大转矩要小于直接用工频电源驱动时的起动转矩和最大转矩。

我们经常听到下面的说法：“电机在工频电源供电时，电机的起动和加速冲击很大，而当使用变频器供电时，这些冲击就要弱一些”。如果用大的电压和频率起动电机，例如使用工频电网直接供电，就会产生一个大的起动冲击（大的起动电流）。而当使用变频器时，变频器的输出电压和频率是逐渐加到电机上的，所以电机产生的转矩要小于工频电网供电的转矩值。所以变频器驱动的电机起动电流要小些。通常，电机产生的转矩要随频率的减小（速度降低）而减小。减小的实际数据在有的变频器手册中会给出说明。通过使用磁通矢量控制的变频器，将改善电机低速时转矩的不足，甚至在低速区电机也可输出足够的转矩。当变频器调速到大于额定频率 20% 时，电机的输出转矩将降低。通常的电机是按照额定频率电压设计制造的，其额定转矩也是在这个电压范围内给出的。因此在额定频率之下的调速称为恒转矩调速。（ $T=T_e$, $P<=P_e$ ）变频器输出频率大于额定频率时（如我国的电机大于 50Hz），电机产生的转矩要以和频率成反比的线性关系下降。当电机以大于额定频率 20% 速度运行时，电机负载的大小必须要给予考虑，以防止电机输出转矩的不足。

举例，额定频率为 50Hz 的电机在 100Hz 时产生的转矩大约要降低到 50Hz 时产生转矩的

1/2。因此在额定频率之上的调速称为恒功率调速。

7.8.5 变频器控制方式

低压通用变频输出电压为 380~650V,输出功率为 0.75~400kW,工作频率为 0~400Hz,它的主电路都采用交—直—交电路。其控制方式经历了以下四代。

5.1 V/f=C 的正弦脉宽调制 (SPWM) 控制方式

其特点是控制电路结构简单、成本较低,机械特性硬度也较好,能够满足一般传动的平滑调速要求,已在产业的各个领域得到广泛应用。但是,这种控制方式在低频时,由于输出电压较低,转矩受定子电阻压降的影响比较显著,使输出最大转矩减小。另外,其机械特性终究没有直流电动机硬,动态转矩能力和静态调速性能都还不尽如人意,且系统性能不高,控制曲线会随负载的变化而变化,转矩响应慢、电机转矩利用率不高,低速时因定子电阻和逆变器死区效应的存在而性能下降,稳定性变差等。因此人们又研究出矢量控制变频调速。

5.2 电压空间矢量 (SVPWM) 控制方式

它是三相波形整体生成效果为前提,以逼近电机气隙的理想圆形旋转磁场轨迹为目的,一次生成三相调制波形,以内切多边形逼近圆的方式进行控制的。经实践使用后又有所改进,即引入频率补偿,能消除速度控制的误差;通过反馈估算磁链幅值,消除低速时定子电阻的影响;将输出电压、电流闭环,以提高动态的精度和稳定度。但控制电路环节较多,且没有引入转矩的调节,所以系统性能没有得到根本改善。

5.3 矢量控制 (VC) 方式

矢量控制变频调速的做法是将异步电动机在三相坐标系下的定子电流 I_a 、 I_b 、 I_c 、通过三相—二相变换,等效成两相静止坐标系下的交流电流 I_{a1} 、 I_{b1} ,再通过按转子磁场定向旋转变换,等效成同步旋转坐标系下的直流电流 I_{m1} 、 I_{t1} (I_{m1} 相当于直流电动机的励磁电流; I_{t1} 相当于与转矩成正比的电枢电流),然后模仿直流电动机的控制方法,求得直流电动机的控制量,经过相应的坐标反变换,实现对异步电动机的控制。其实质是将交流电动机等效为直流电动机,分别对速度,磁场两个分量进行独立控制。通过控制转子磁链,然后分解定子电流而获得转矩和磁场两个分量,经坐标变换,实现正交或解耦控制。矢量控制方法的提出具有划时代的意义。然而在实际应用中,由于转子磁链难以准确观测,系统特性受电动机参数的影响较大,且在等效直流电动机控制过程中所用矢量旋转变换较复杂,使得实际的控制效果难以达到理想分析的结果。

此控制方式增加变频器的输出电压,以使电机的输出转矩和电压的平方成正比的关系增加,从而改善电机的输出转矩。改善电机低速输出转矩不足的技术

使用"矢量控制",可以使电机在低速,如(无速度传感器时)1Hz(对4极电机,其转速大约为30r/min)时的输出转矩可以达到电机在50Hz供电输出的转矩(最大约为额定转矩的150%)。

对于常规的V/F控制,电机的电压降随着电机速度的降低而相对增加,这就导致由于励磁不足,而使电机不能获得足够的旋转力。为了补偿这个不足,变频器中需要通过提高电压,来补偿电机速度降低而引起的电压降。变频器的这个功能叫做“转矩提升”。

转矩提升功能是提高变频器的输出电压。然而即使提高很多输出电压,电机转矩并不能和其电流相对应的提高。因为电机电流包含电机产生的转矩分量和其它分量(如励磁分量)。

“矢量控制”把电机的电流值进行分配,从而确定产生转矩的电机电流分量和其它电流分量(如励磁分量)的数值。“矢量控制”可以通过对电机端的电压降的响应,进行优化补偿,在不增加电流的情况下,允许电机产出大的转矩。此功能对改善电机低速时温升也有效。

5.4 直接转矩控制 (DTC) 方式

1985 年,德国鲁尔大学的 DePenbrock 教授首次提出了直接转矩控制变频技术。该技术在很大程度上解决了上述矢量控制的不足,并以新颖的控制思想、简洁明了的系统结构、优良的动静态性能得到了迅速发展。目前,该技术已成功地应用在电力机车牵引的大功率交流传动上。直接转矩控制直接在定子坐标系下分析交流电动机的数学模型,控制电动机的磁链和转矩。它不需要将交流电动机等效为直流电动机,因而省去了矢量旋转变换中的许多复杂计算;它不需要模仿直流电动机的控制,也不需要为解耦而简化交流电动机的数学模型。

5.5 矩阵式交—交控制方式

VVVF 变频、矢量控制变频、直接转矩控制变频都是交—直—交变频中的一种。其共同缺点是输入功率因数低,谐波电流大,直流电路需要大的储能电容,再生能量又不能反馈回电网,即不能进行四象限运行。为此,矩阵式交—交变频应运而生。由于矩阵式交—交变频省去了中间直流环节,从而省去了体积大、价格贵的电解电容。它能实现功率因数为 1,输入电流为正弦且能四象限运行,系统的功率密度大。该技术目前虽尚未成熟,但仍吸引着众多的学者深入研究。其实质不是间接的控制电流、磁链等量,而是把转矩直接作为被控制量来实现的。具体方法是:

——控制定子磁链引入定子磁链观测器,实现无速度传感器方式;

——自动识别(ID)依靠精确的电机数学模型,对电机参数自动识别;

——算出实际值对应定子阻抗、互感、磁饱和因素、惯量等算出实际的转矩、定子磁链、转子速度进行实时控制;

——实现 Band—Band 控制按磁链和转矩的 Band—Band 控制产生 PWM 信号,对逆变器开关状态进行控制。

矩阵式交—交变频具有快速的转矩响应($<2\text{ms}$),很高的速度精度($\pm 2\%$,无 PG 反馈),高转矩精度($<+3\%$);同时还具有较高的起动转矩及高转矩精度,尤其在低速时(包括 0 速度时),可输出 150%~200% 转矩。

7.8.6 变频器的选用

6.1 负载分类

变频器的正确选择对于控制系统的正常运行是非常关键的。选择变频器时必须充分了解变频器所驱动的负载特性。人们在实践中常将生产机械分为三种类型:

- 恒转矩负载
- 恒功率负载和风机
- 水泵负载。

6.1.1 恒转矩负载

负载转矩 TL 与转速 n 无关,任何转速下 TL 总保持恒定或基本恒定。例如传送带、搅拌机,挤压机等摩擦类负载以及吊车、提升机等位能负载都属于恒转矩负载。变频器拖动恒转矩性质的负载时,低速下的转矩要足够大,并且有足够的过载能力。如果需要在低速下稳速运行,应该考虑标准异步电动机的散热能力,避免电动机的温升过高。

6.1.2 恒功率负载

机床主轴和轧机、造纸机、塑料薄膜生产线中的卷取机、开卷机等要求的转矩,大体与转速成反比,这就是所谓的恒功率负载。负载的恒功率性质应该是就一定的速度变化范围而言的。当速度很低时,受机械强度的限制,TL 不可能无限增大,在低速下转变为恒转矩性质。负载的恒功率区和恒转矩区对传动方案的选择有很大的影响。电动机在恒磁通调速时,最大允许输出转矩不变,属于恒转矩调速;而在弱磁调速时,最大允许输出转矩与速度成反比,属于恒功率调速。如果电动机的恒转矩和恒功率调速的范围与负载的恒转矩和恒功率范

围相一致时,即所谓“匹配”的情况下,电动机的容量和变频器的容量均最小。

6.1.3 风机、泵类负载

在各种风机、水泵、油泵中,随叶轮的转动,空气或液体在一定的速度范围内所产生的阻力大致与速度 n 的 2 次方成正比。随着转速的减小,转矩按转速的 2 次方减小。这种负载所需的功率与速度的 3 次方成正比。当所需风量、流量减小时,利用变频器通过调速的方式来调节风量、流量,可以大幅度地节约电能。由于高速时所需功率随转速增长过快,与速度的三次方成正比,所以通常不应使风机、泵类负载超工频运行。

6.2 变频器选型注意事项

用户可以根据自己的实际工艺要求和运用场合选择不同类型的变频器。在选择变频器时因注意以下几点注意事项:

6.2.1 根据负载特性选择变频器

6.2.2 选择变频器时应以实际电机电流值作为变频器选择的依据,电机的额定功率只能作为参考。另外,应充分考虑变频器的输出含有丰富的高次谐波,会使电动机的功率因数和效率变坏。因此,用变频器给电动机供电与用工频电网供电相比较,电动机的电流会增加 10% 而温升会增加 20% 左右。所以在选择电动机和变频器时,应考虑到这种情况,适当留有余量,以防止温升过高,影响电动机的使用寿命。

6.2.3 变频器若要长电缆运行时,此时应该采取措施抑制长电缆对地耦合电容的影响,避免变频器出力不够。所以变频器应放大一、两档选择或在变频器的输出端安装输出电抗器。

6.2.4 当变频器用于控制并联的几台电机时,一定要考虑变频器到电动机的电缆的长度总和在变频器的容许范围内。如果超过规定值,要放大一档或两档来选择变频器。另外在此种情况下,变频器的控制方式只能为 V/F 控制方式,并且变频器无法实现电动机的过流、过载保护,此时需在每台电动机侧加熔断器来实现保护。

6.2.5 对于一些特殊的应用场合,如高环境温度、高开关频率、高海拔高度等,此时会引起变频器的降容,变频器需放大一档选择。

6.2.6 使用变频器控制高速电机时,由于高速电动机的电抗小,会产生较多的高次谐波。而这些高次谐波会使变频器的输出电流值增加。因此,选择用于高速电动机的变频器时,应比普通电动机的变频器稍大一些。

6.2.7 变频器用于变极电动机时,应充分注意选择变频器的容量,使其最大额定电流在变频器的额定输出电流以下。另外,在运行中进行极数转换时,应先停止电动机工作,否则会造成电动机空转,恶劣时会造成变频器损坏。

6.2.8 驱动防爆电动机时,变频器没有防爆构造,应将变频器设置在危险场所之外。

6.2.9 使用变频器驱动齿轮减速电动机时,使用范围受到齿轮转动部分润滑方式的制约。润滑油润滑时,在低速范围内没有限制;在超过额定转速以上的高速范围内,有可能发生润滑油用光的危险。因此,不要超过最高转速容许值。

6.2.10 变频器驱动绕线转子异步电动机时,大多是利用已有的电动机。绕线电动机与普通的鼠笼电动机相比,绕线电动机绕组的阻抗小。因此,容易发生由于纹波电流而引起的过电流跳闸现象,所以应选择比通常容量稍大的变频器。一般绕线电动机多用于飞轮力矩 GD2 较大的场合,在设定加减速时间时应多注意。

6.2.11 变频器驱动同步电动机时,与工频电源相比,会降低输出容量 10% ~ 20%,变频器的连续输出电流要大于同步电动机额定电流与同步牵入电流的标么值的乘积。

6.2.12 对于压缩机、振动机等转矩波动大的负载和油压泵等有峰值负载情况下,如果按照电动机的额定电流或功率值选择变频器的话,有可能发生因峰值电流使过电流保护动作现象。因此,应了解工频运行情况,选择比其最大电流更大的额定输出电流的变频器。

6.2.13 变频器驱动潜水泵电动机时,因为潜水泵电动机的额定电流比通常电动机的额定电流大,所以选择变频器时,其额定电流要大于潜水泵电动机的额定电流。

6.2.14 当变频器控制罗茨风机或特种风机时,由于其起动电流很大,所以选择变频器时一定要注意变频器的容量是否足够大。

6.2.15 选择变频器时,一定要注意其防护等级是否与现场的情况相匹配。否则现场的灰尘、水汽会影响变频器的长久运行。

6.2.16 单相电动机不适用变频器驱动

7.8.7 变频器使用注意事项

7.1 物理环境

7.1.1 工作温度。变频器内部是大功率的电子元件,极易受到工作温度的影响,产品一般要求为 $0\sim 55^{\circ}\text{C}$,但为了保证工作安全、可靠,使用时应考虑留有余地,最好控制在 40°C 以下。在控制箱中,变频器一般应安装在箱体上部,并严格遵守产品说明书中的安装要求,绝对不允许把发热元件或易发热的元件紧靠变频器的底部安装。

7.1.2 环境温度。温度太高且温度变化较大时,变频器内部易出现结露现象,其绝缘性能就会大大降低,甚至可能引发短路事故。必要时,必须在箱中增加干燥剂和加热器。

7.1.3 腐蚀性气体。使用环境如果腐蚀性气体浓度大,不仅会腐蚀元器件的引线、印刷电路板等,而且还会加速塑料器件的老化,降低绝缘性能,在这种情况下,应把控制箱制成封闭式结构,并进行换气。

7.1.4 振动和冲击。装有变频器的控制柜受到机械振动和冲击时,会引起电气接触不良。这时除了提高控制柜的机械强度、远离振动源和冲击源外,还应使用抗震橡皮垫固定控制柜外和内电磁开关之类产生振动的元器件。设备运行一段时间后,应对其进行检查和维护。

7.2 电气环境

7.2.1 防止电磁波干扰。变频器在工作中由于整流和变频,周围产生了很多的干扰电磁波,这些高频电磁波对附近的仪表、仪器有一定的干扰。因此,柜内仪表和电子系统,应该选用金属外壳,屏蔽变频器对仪表的干扰。所有的元器件均应可靠接地,除此之外,各电气元件、仪器及仪表之间的连线应选用屏蔽控制电缆,且屏蔽层应接地。如果处理不好电磁干扰,往往会使整个系统无法工作,导致控制单元失灵或损坏。

7.2.2 防止输入端过电压。变频器电源输入端往往有过电压保护,但是,如果输入端高电压作用时间长,会使变频器输入端损坏。因此,在实际运用中,要核实变频器的输入电压、单相还是三相和变频器使用额定电压。特别是电源电压极不稳定时要有稳压设备,否则会造成严重后果。

7.3 接地

变频器正确接地是提高控制系统灵敏度、抑制噪声能力的重要手段,变频器接地端子E(G)接地电阻越小越好,接地导线截面积应不小于 2mm^2 ,长度应控制在 20m 以内。变频器的接地必须与动力设备接地点分开,不能共地。信号输入线的屏蔽层,应接至E(G)上,其另一端绝不能接于地端,否则会引起信号变化波动,使系统振荡不止。变频器与控制柜之间应电气连通,如果实际安装有困难,可利用铜芯导线跨接。

7.4 防雷

在变频器中,一般都设有雷电吸收网络,主要防止瞬间的雷电侵入,使变频器损坏。但在实际工作中,特别是电源线架空引入的情况下,单靠变频器的吸收网络是不能满足要求的。在雷电活跃地区,这一问题尤为重要,如果电源是架空进线,在进线处装设变频专用避雷器(选件),或有按规范要求离变频器 20m 的远处预埋钢管做专用接地保护。如果电源是

电缆引入，则应做好控制室的防雷系统，以防雷电窜入破坏设备。实践表明，这一方法基本上能够有效解决雷击问题。



7.9 如何使用 S7-200CPU 的 PID 控制

S7-200 能够进行 PID 控制。S7-200 CPU 最多可以支持 8 个 PID 控制回路(8 个 PID 指令功能块)。

PID 是闭环控制系统的比例 - 积分 - 微分控制算法。

PID 控制器根据设定值(给定)与被控对象的实际值(反馈)的差值,按照 PID 算法计算出控制器的输出量,控制执行机构去影响被控对象的变化。

PID 控制是负反馈闭环控制,能够抑制系统闭环内的各种因素所引起的扰动,使反馈跟随给定变化。

根据具体项目的控制要求,在实际应用中有可能用到其中的一部分,比如常用的是 PI(比例 - 积分)控制,这时没有微分控制部分。

7.9.1 PID 算法在 S7-200 中的实现

PID 控制最初在模拟量控制系统中实现,随着离散控制理论的发展,PID 也在计算机化控制系统中实现。

计算机化的 PID 控制算法有几个关键的参数:

- Kc: Gain, 增益
- Ti: 积分时间常数
- Td: 微分时间常数
- Ts: 采样时间

在 S7-200 中 PID 功能是通过 PID 指令功能块实现。通过定时(按照采样时间)执行 PID 功能块,按照 PID 运算规律,根据当时的给定、反馈、比例 - 积分 - 微分数据,计算出控制量。

PID 功能块通过一个 PID 回路表交换数据,这个表是在 V 数据存储区中的开辟,长度为 36 字节。因此每个 PID 功能块在调用时需要指定两个要素:PID 控制回路号,以及控制回路表的起始地址(以 VB 表示)。

由于 PID 可以控制温度、压力等等许多对象,它们各自都是由工程量表示,因此有一种通用的数据表示方法才能被 PID 功能块识别。S7-200 中的 PID 功能使用占调节范围的百分比的方法抽象地表示被控对象的数值大小。在实际工程中,这个调节范围往往被认为与被控对象(反馈)的测量范围(量程)一致。PID 功能块只接受 0.0 - 1.0 之间的实数(实际上就是百分比)作为反馈、给定与控制输出的有效数值,如果是直接使用 PID 功能块编程,必须保证数据在这个范围之内,否则会出错。其他如增益、采样时间、积分时间、微分时间都是实数。

因此,必须把外围实际的物理量与 PID 功能块需要的(或者输出的)数据之间进行转换。这就是所谓输入/输出的转换与标准化处理。《S7-200 系统手册》上有详细的介绍。

S7-200 的编程软件 Micro/WIN 提供了 PID 指令向导,以方便地完成这些转换/标准化处理。除此之外, PID 指令也同时会被自动调用。

1.1 调试 PID 控制器

PID 控制的效果就是看反馈(也就是控制对象)是否跟随设定值(给定),是否响应快速、稳定,是否能够抑制闭环中的各种扰动而回复稳定。

要衡量 PID 参数是否合适,必须能够连续观察反馈对于给定变化的响应曲线;而实际上 PID 的参数也是通过观察反馈波形而调试的。因此,没有能够观察反馈的连续变化波形

曲线的有效手段,就谈不上调试 PID 参数。

观察反馈量的连续波形,可以使用带慢扫描记忆功能的示波器(如数字示波器),波形记录仪,或者在 PC 机上做的趋势曲线监控画面等。

新版编程软件 STEP 7 - Micro/WIN V4.0 内置了一个 PID 调试控制面板工具,具有图形化的给定、反馈、调节器输出波形显示,可以用于手动调试 PID 参数。对于没有“自整定 PID”功能的老版 CPU,也能实现 PID 手动调节。

PID 参数的取值,以及它们之间的配合,对 PID 控制是否稳定具有重要的意义。这些主要参数是:

- 采样时间:

计算机必须按照一定的时间间隔对反馈进行采样,才能进行 PID 控制的计算。采样时间就是对反馈进行采样的间隔。短于采样时间间隔的信号变化是不能测量到的。过短的采样时间没有必要,过长的采样间隔显然不能满足扰动变化比较快、或者速度响应要求高的场合。

编程时指定的 PID 控制器采样时间必须与实际的采样时间一致。S7-200 中 PID 的采样时间精度用定时中断来保证。

- 增益 (Gain, 放大系数, 比例常数)

增益与偏差(给定与反馈的差值)的乘积作为控制器输出中的比例部分。过大的增益会造成反馈的振荡。

- 积分时间 (Integral Time)

偏差值恒定时,积分时间决定了控制器输出的变化速率。积分时间越短,偏差得到的修正越快。过短的积分时间有可能造成不稳定。积分时间的长度相当于在阶跃给定下,增益为“1”的时候,输出的变化量与偏差值相等所需要的时间,也就是输出变化到二倍于初始阶跃偏差的时间。如果将积分时间设为最大值,则相当于没有积分作用。

- 微分时间 (Derivative Time)

偏差值发生改变时,微分作用将增加一个尖峰到输出中,随着时间流逝减小。微分时间越长,输出的变化越大。微分使控制对扰动的敏感度增加,也就是偏差的变化率越大,微分控制作用越强。微分相当于对反馈变化趋势的预测性调整。如果将微分时间设置为 0 不起作用,控制器将作为 PI 调节器工作。

1.2 常见问题

1. 对于某个具体的 PID 控制项目,是否可能事先得知比较合适的参数?有没有相关的经验数据?

虽然有理论上计算 PID 参数的方法,但由于闭环调节的影响因素很多而不能全部在数学上精确地描述,计算出的数值往往没有什么实际意义。因此,除了实际调试获得参数外,没有什么可用的经验参数值存在。甚至对于两套看似一样的系统,都可能通过实际调试得到完全不同的参数值。

2. PID 控制不稳定怎么办?如何调试 PID?

闭环系统的调试,首先应当做开环测试。所谓开环,就是在 PID 调节器不投入工作的时候,观察:

- 反馈通道的信号是否稳定
- 输出通道是否动作正常

可以试着给出一些比较保守的 PID 参数,比如放大倍数(增益)不要太大,可以小于 1,积分时间不要太短,以免引起振荡。在这个基础上,可以直接投入运行观察反馈的波形变化。给出一个阶跃给定,观察系统的响应是最好的方法。

如果反馈达到给定值之后, 历经多次振荡才能稳定或者根本不稳定, 应该考虑是否增益过大、积分时间过短; 如果反馈迟迟不能跟随给定, 上升速度很慢, 应该考虑是否增益过小、积分时间过长... ..

总之, PID 参数的调试是一个综合的、互相影响的过程, 实际调试过程中的多次尝试是非常重要的步骤, 也是必须的。

S7-200 的新一代产品提供了自整定的 PID 细调功能。

3. 没有采用积分控制时, 为何反馈达不到给定? 这是必然的。因为积分控制的作用在于消除纯比例调节系统固有的“静差”。没有积

分控制的比例控制系统中, 没有偏差就没有输出量, 没有输出就不能维持反馈值与给定值相等。所以永远不能做到没有偏差。

4. 如何实现 PID 反作用调节?

参见 PID 向导中的常问问题。

5. S7-200 控制变频器, 在变频器也有 PID 控制功能时, 应当使用谁的 PID 功能? 可以根据具体情况使用。一般来说, 如果需要控制的变量直接与变频器直接有关, 比

如变频水泵控制水压等, 可以优先考虑使用变频器的 PID 功能。

6. 《S7-200 系统手册》上的附录 H.14“用 S7-200 实现 PID 控制”的例子, 是否可以直接使用? 《S7-200 系统手册》中的附录 H 在英文原版中并不存在。H.14 的 PID 例子是在第一代产品还不支持 PID 运算指令时的产物。现在用户可以使用 PID 指令块, 或者 PID Wizard (PID 向导) 编辑 PID 控制程序。

1.3 PID Wizard - PID 向导

Micro/WIN 提供了 PID Wizard (PID 指令向导), 可以帮助用户方便地生成一个闭环控制过程的 PID 算法。此向导可以完成绝大多数 PID 运算的自动编程, 用户只需在主程序中调用 PID 向导生成的子程序, 就可以完成 PID 控制任务。

PID 向导既可以生成模拟量输出 PID 控制算法, 也支持开关量输出; 既支持连续自动调节, 也支持手动参与控制。建议用户使用此向导对 PID 编程, 以避免不必要的错误。如果用户不能确定中文编程界面的语义, 我们建议用户使用英文版本的 Micro/WIN, 以免对向导中相关概念发生误解。

建议用户使用较新的编程软件版本。在新版本中的 PID 向导获得了改善。

1.4 PID 向导编程步骤

在 Micro/WIN 中的命令菜单中选择 Tools > Instruction Wizard, 然后在指令向导窗口中选择 PID 指令:

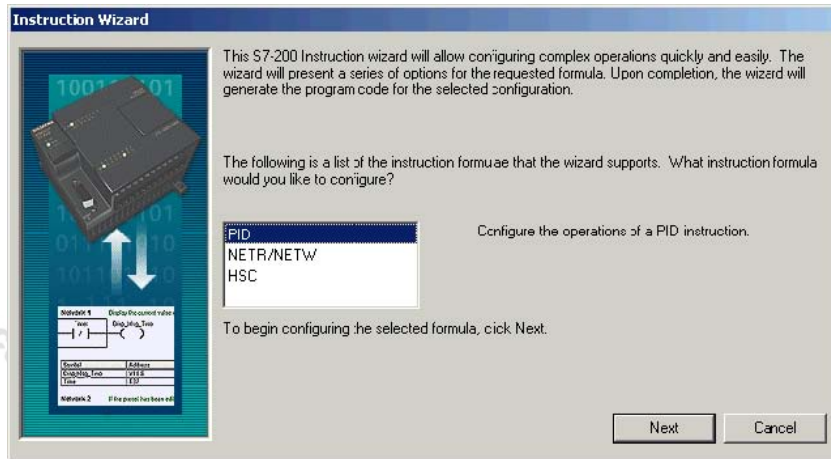


图 1. 选择 PID 向导

在使用向导时必须先对项目进行编译，在随后弹出的对话框中选择“**Yes**”，确认编译。如果已有的程序中存在错误，或者有没有编完的指令，编译不能通过。

如果你的项目中已经配置了一个 PID 回路，则向导会指出已经存在的 PID 回路，并让你选择是配置修改已有的回路，还是配置一个新的回路：

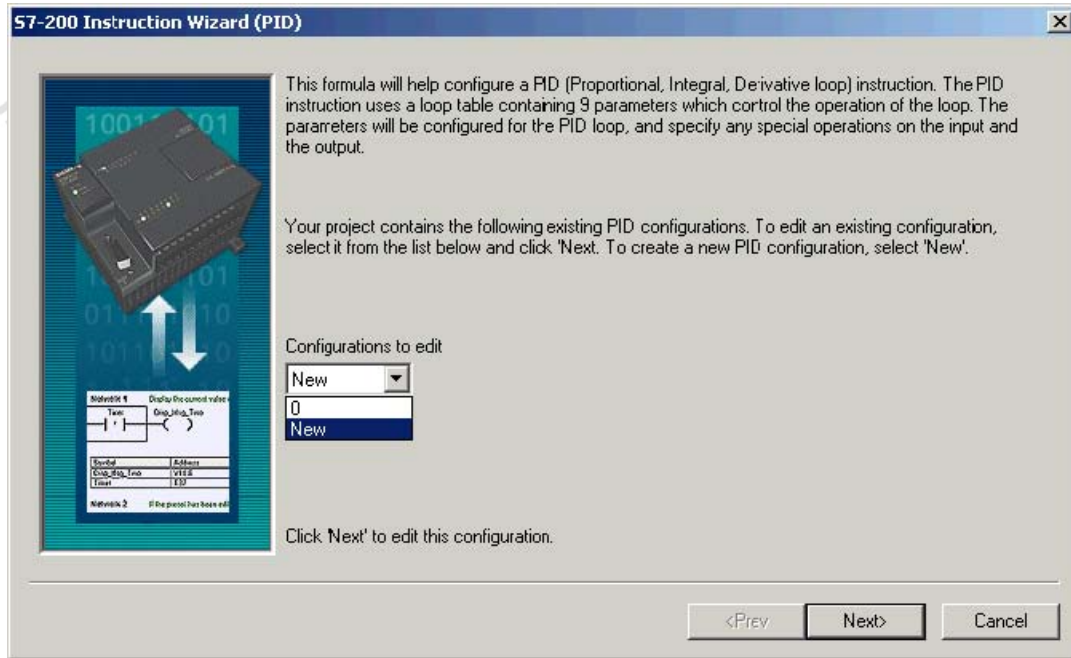


图 2. 选择需要配置的回路

第一步：定义需要配置的 PID 回路号

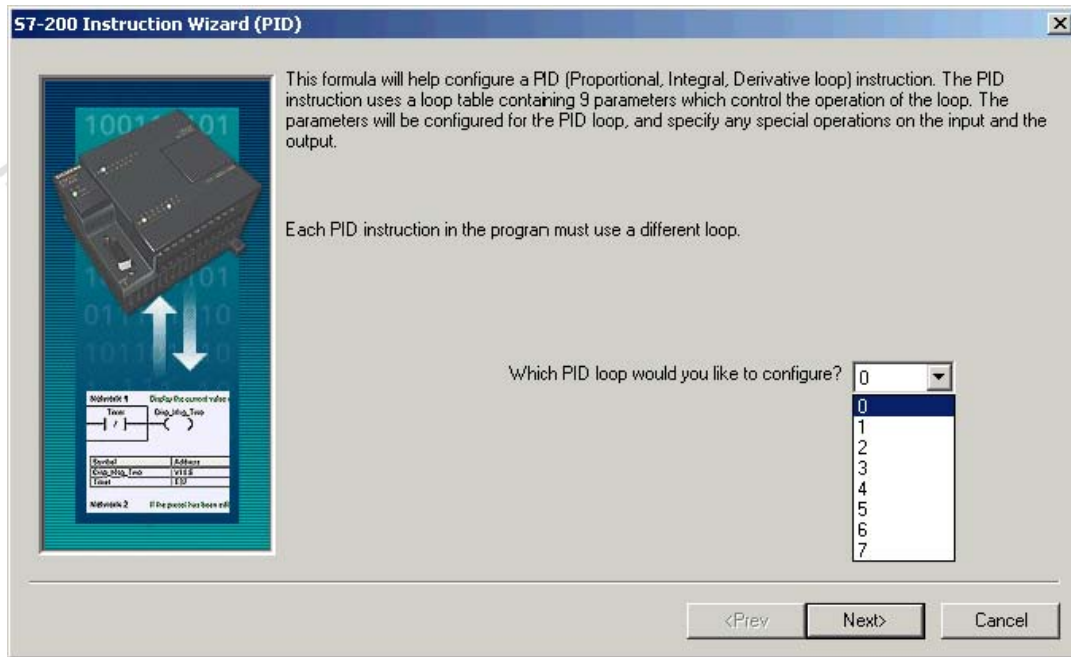


图 3. 选择 PID 回路号

第二步：设定 PID 回路参数

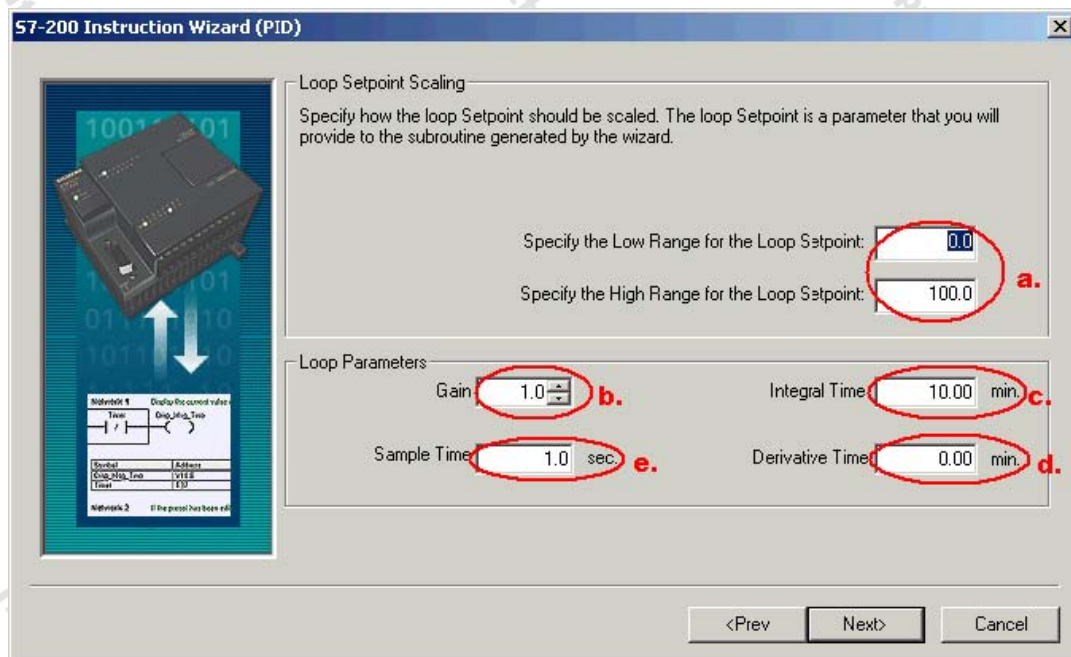


图 4. 设置 PID 参数

图 4 中：

a. 定义回路设定值 (SP, 即给定) 的范围：在低限 (Low Range) 和高限 (High Range) 输入域中输入实数, 缺省值为 0.0 和 100.0, 表示给定值的取值范围占过程反馈量程的百分比。这个范围是给定值的取值范围。它也可以用实际的工程单位数值表示。参见：设置给定-反馈的量程范围。

以下定义 PID 回路参数, 这些参数都应当是实数：

b. Gain (增益)：即比例常数。

c. Integral Time (积分时间): 如果不想积分作用, 可以把积分时间设为无穷大: 9999.99

d. Derivative Time (微分时间): 如果不想微分回路, 可以把微分时间设为 0。

e. Sample Time (采样时间): 是 PID 控制回路对反馈采样和重新计算输出值的时间间隔。在向导完成后, 若想要修改此数, 则必须返回向导中修改, 不可在程序中或状态表中修改。

注意: 关于具体的 PID 参数值, 每一个项目都不一样, 需要现场调试来定, 没有所谓经验参数。

第三步: 设定回路输入输出值

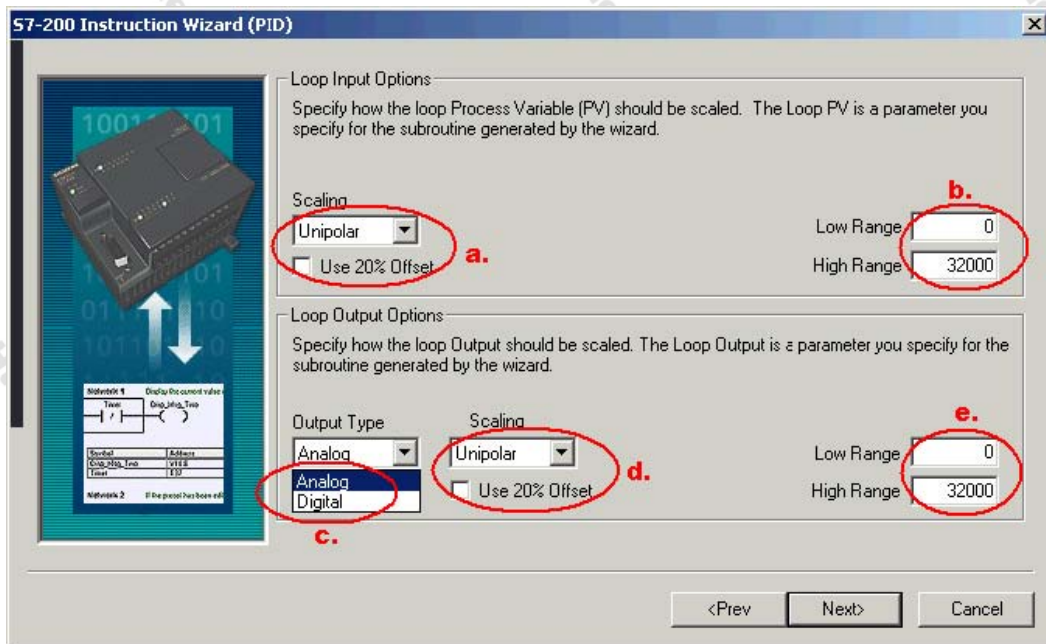


图 5. 设定 PID 输入输出参数

在图 5 中, 首先 设定过程变量的范围:

a. 指定输入类型

- Unipolar: 单极性, 即输入的信号为正, 如 0-10V 或 0-20mA 等
- Bipolar: 双极性, 输入信号在从负到正的范围内变化。如输入信号为 $\pm 10V$ 、 $\pm 5V$ 等时选用

● 20% Offset: 选用 20% 偏移。如果输入为 4-20mA 则选单极性及此项, 4mA 是 0-20mA 信号的 20%, 所以选 20% 偏移, 即 4mA 对应 6400, 20mA 对应 32000

b. 反馈输入取值范围

● 在 a. 设置为 Unipolar 时, 缺省值为 0-32000, 对应输入量程范围 0-10V 或 0-20mA 等, 输入信号为正

● 在 a. 设置为 Bipolar 时, 缺省的取值为 -32000 - +32000, 对应的输入范围根据量程不同可以是 $\pm 10V$ 、 $\pm 5V$ 等

● 在 a. 选中 20% Offset 时, 取值范围为 6400 - 32000, 不可改变

此反馈输入也可以是工程单位数值, 参见: 设置给定 - 反馈的量程范围。

然后定义输出类型

c. Output Type (输出类型) 可以选择模拟量输出或数字量输出。模拟量输出用来控

制一些需要模拟量给定的设备，如比例阀、变频器等；数字量输出实际上是控制输出点的通、断状态按照一定的占空比变化，可以控制固态继电器（加热棒等）

d. 选择模拟量则需设定回路输出变量值的范围，可以选择：

- Unipolar: 单极性输出，可为 0 - 10V 或 0 - 20mA 等
- Bipolar: 双极性输出，可为正负 10V 或正负 5V 等
- 20% Offset: 如果选中 20% 偏移，使输出为 4 - 20mA

e. 取值范围：

- d 为 Unipolar 时，缺省值为 0 到 32000
- d 为 Bipolar 时，取值-32000 到 32000
- d 为 20% Offset 时，取值 6400 - 32000，不可改变

如果选择了开关量输出，需要设定此占空比的周期。

第四步：设定回路报警选项

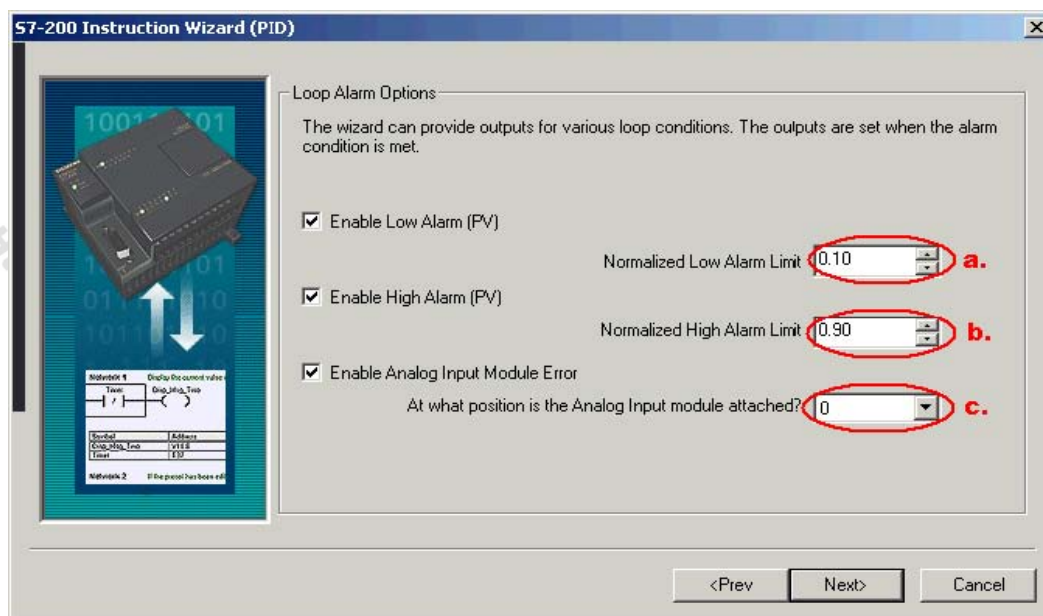


图 6. 设定回路报警限幅值

向导提供了三个输出来反映过程值 (PV) 的低值报警、高值报警及过程值模拟量模块错误状态。当报警条件满足时，输出置位为 1。这些功能在选中了相应的选择框之后起作用。

- a. 使能低值报警并设定过程值 (PV) 报警的低值，此值为过程值的百分数，缺省值为 0.10，即报警的低值为过程值的 10%。此值最低可设为 0.01，即满量程的 1%
- b. 使能高值报警并设定过程值 (PV) 报警的高值，此值为过程值的百分数，缺省值为 0.90，即报警的高值为过程值的 90%。此值最高可设为 1.00，即满量程的 100%
- c. 使能过程值 (PV) 模拟量模块错误报警并设定模块于 CPU 连接时所处的模块位置。“0”就是第一个扩展模块的位置第

第五步：指定 PID 运算数据存储区

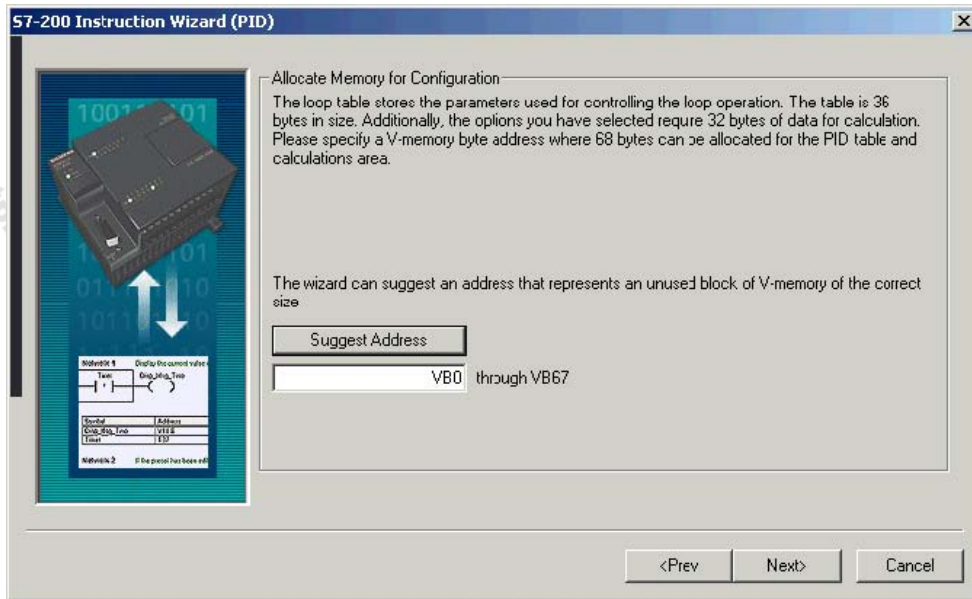


图 7. 分配运算数据存储区

PID 指令(功能块)使用了一个 120 个字节的 V 区参数表来进行控制回路的运算工作;除此之外, PID 向导生成的输入/输出量的标准化程序也需要运算数据存储区。需要为它们定义一个起始地址,要保证该地址起始的若干字节在程序的其它地方没有被重复使用。如果点击“Suggest Address”,则向导将自动为你设定当前程序中没有用过的 V 区地址。

自动分配的地址只是在执行 PID 向导时编译检测到空闲地址。向导将自动为该参数表分配符号名,用户不要再自己为这些参数分配符号名,否则将导致 PID 控制不执行。

第六步: 定义向导所生成的 PID 初始化子程序和中断程序名及手/自动模式

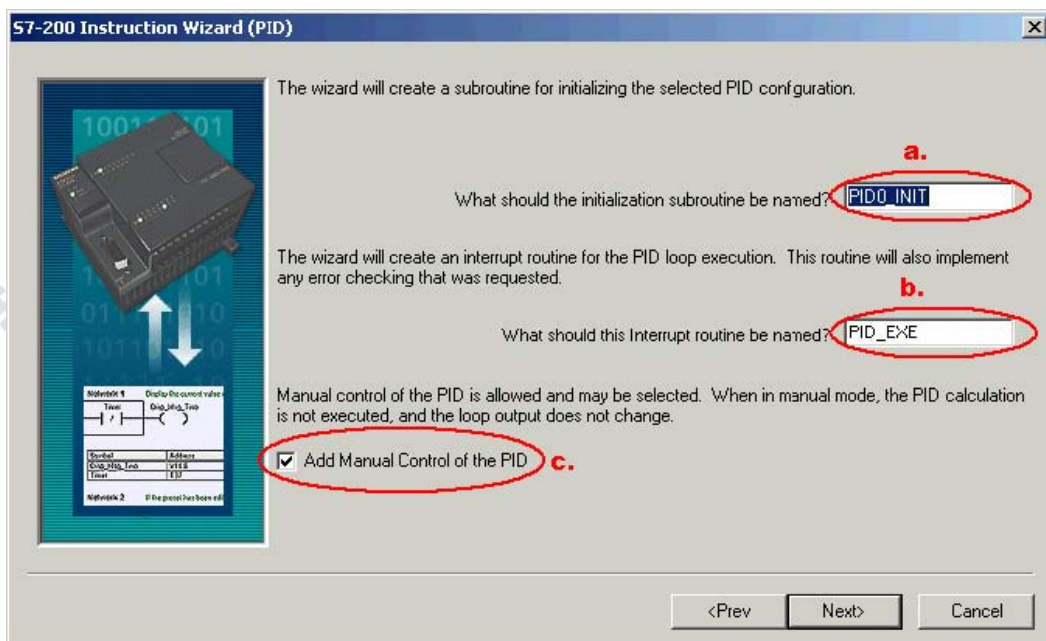


图 8. 指定子程序、中断服务程序名和选择手动控制

向导已经为初使化子程序和中断子程序定义了缺省名，你也可以修改成自己起的名字。

- a. 指定 PID 初使化子程序的名字。
- b. 指定 PID 中断子程序的名字

注意:

①如果你的项目中已经存在一个 PID 配置，则中断程序名为只读，不可更改。因为一个项目中所有 PID 共用一个中断程序，它的名字不会被任何新的 PID 所更改。

②PID 向导中断用的是 SMB34 定时中断，在用户使用了 PID 向导后，注意在其它编程时不要再用此中断，也不要向 SMB34 中写入新的数值，否则 PID 将停止工作。

c. 此处可以选择添加 PID 手动控制模式。在 PID 手动控制模式下，回路输出由手动输出设定控制，此时需要写入手动控制输出参数一个 0.0 - 1.0 的实数，代表输出的 0% - 100% 而不是直接去改变输出值。

此功能提供了 PID 控制的手动和自动之间的无扰切换能力。

第七步：生成 PID 子程序、中断程序及符号表等

一旦点击完成按钮，将在你的项目中生成上述 PID 子程序、中断程序及符号表等。

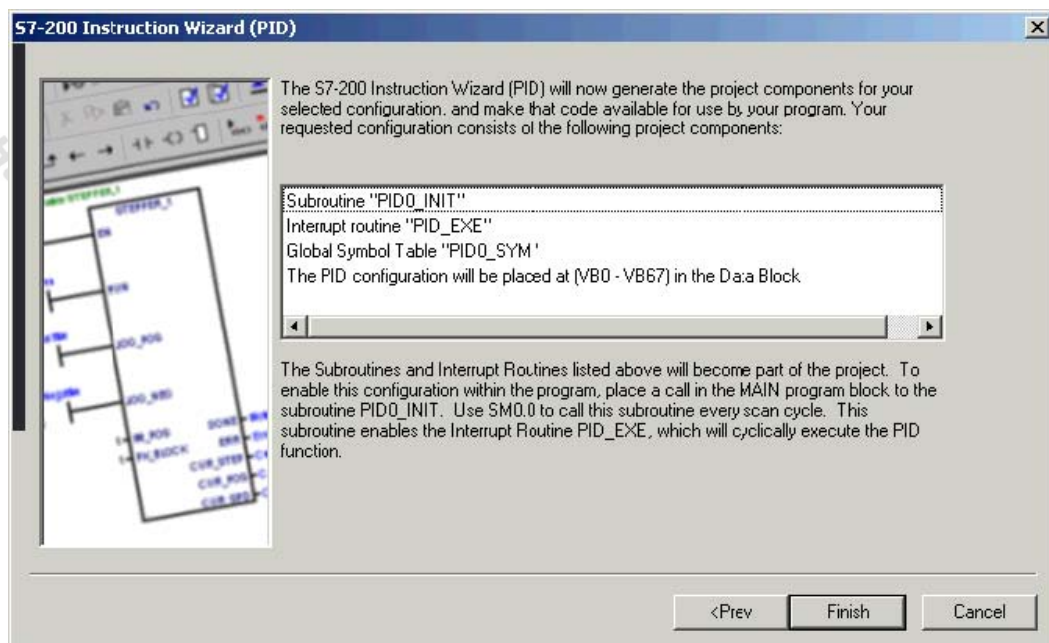


图 9. 生成 PID 子程序、中断程序和符号表等

第八步：配置完 PID 向导

需要在程序中调用向导生成的 PID 子程序（如下图）



图 10. PID 子程序

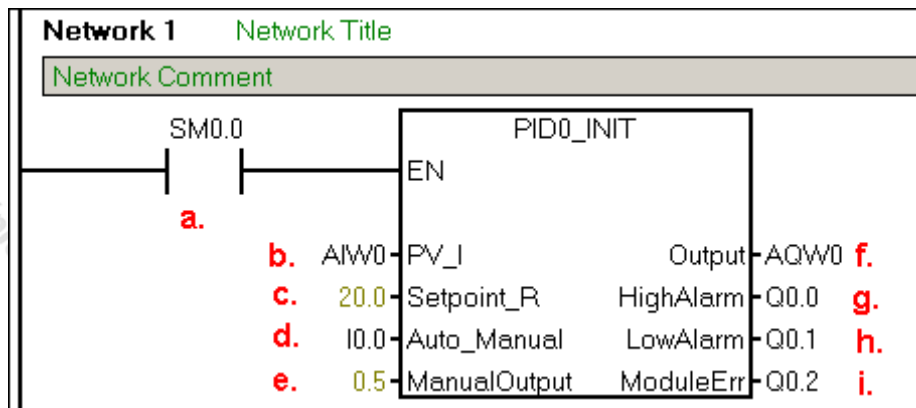


图 11. 调用 PID 子程序

在用户程序中调用 PID 子程序时，可在指令树的 Program Block（程序块）中用鼠标双击由向导生成的 PID 子程序，在局部变量表中，可以看到有关形式参数的解释和取值范围。

- a. 必须用 SM0.0 来使能 PID，以保证它的正常运行
- b. 此处输入过程值（反馈）的模拟量输入地址
- c. 此处输入设定值变量地址（VDxx），或者直接输入设定值常数，根据向导中的设定 0.0-100.0，此处应输入一个 0.0-100.0 的实数，例：若输入 20，即为过程值的 20%，假设过程值 AIW0 是量程为 0-200 度的温度值，则此处的设定值 20 代表 40 度（即 200 度的 20%）；如果在向导中设定给定范围为 0.0-200.0，则此处的 20 相当于 20 度。
- d. 此处用 I0.0 控制 PID 的手/自动方式，当 I0.0 为 1 时，为自动，经过 PID 运算从 AQW0 输出；当 I0.0 为 0 时，PID 将停止计算，AQW0 输出为 ManualOutput（VD4）中的设定值，此时不要另外编程或直接给 AQW0 赋值。若在向导中没有选择 PID 手动功能，则此项不会出现。
- e. 定义 PID 手动状态下的输出，从 AQW0 输出一个满值范围内对应此值的输出量。此处可输入手动设定值的变量地址（VDxx），或直接输入数。数值范围为 0.0-1.0 之间的一个实数，代表输出范围的百分比。例：如输入 0.5，则设定为输出的 50%。若在向导中没有选择 PID 手动功能，则此项不会出现。
- f. 此处键入控制量的输出地址。
- g. 当高报警条件满足时，相应的输出置位为 1，若在向导中没有使能高报警功能，则此项将不会出现。
- h. 当低报警条件满足时，相应的输出置位为 1，若在向导中没有使能低报警功能，则此项将不会出现。
- i. 当模块出错时，相应的输出置位为 1，若在向导中没有使能模块错误报警功能，则此项将不会出现。

调用 PID 子程序时，不用考虑中断程序。子程序会自动初始化相关的定时中断处理事项，然后中断程序会自动执行。

第九步：实际运行并调试 PID 参数

没有一个 PID 项目的参数不需要修改而能直接运行，因此需要在实际运行时调试 PID 参数。

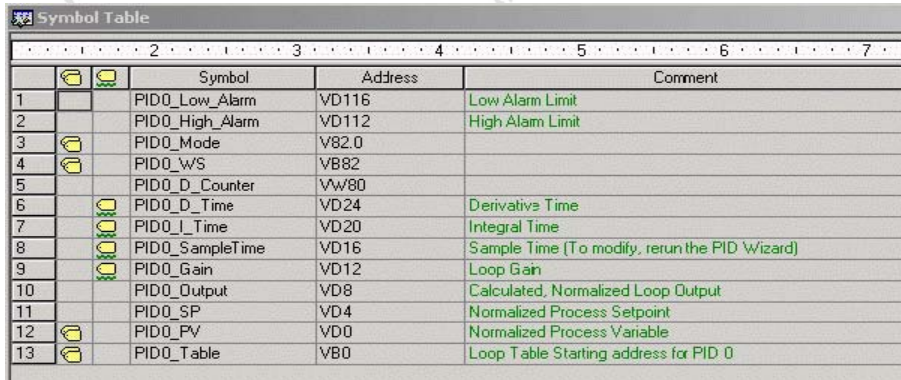
查看 Data Block（数据块），以及 Symbol Table（符号表）相应的 PID 符号标签的内容，可以找到包括 PID 核心指令所用的控制回路表，包括比例系数、积分时间等等。将此

表的地址复制到 Status Chart (状态表) 中, 可以在监控模式下在线修改 PID 参数, 而不必停机再次做组态。参数调试合适后, 用户可以在数据块中写入, 也可以再做一次向导, 或者编程向相应的数据区传送参数。

1.5 常见问题

1. 做完 PID 向导后, 如何知道向导中设定值, 过程值及 PID 等参数所用的地址?


做完 PID 向导后可在 Symbol Table (符号表) 中, 查看 PID 向导所生成的符号表(上例中为 PID0-SYM), 可看到各参数所用的详细地址, 及数值范围。在 Data Block (数据块) 中, 查看 PID 指令回路表的相关参数。如图所示:



	Symbol	Address	Comment
1	PID0_Low_Alarm	VD116	Low Alarm Limit
2	PID0_High_Alarm	VD112	High Alarm Limit
3	PID0_Mode	V82.0	
4	PID0_W/S	V882	
5	PID0_D_Counter	Vw80	
6	PID0_D_Time	VD24	Derivative Time
7	PID0_I_Time	VD20	Integral Time
8	PID0_SampleTime	VD16	Sample Time (To modify, rerun the PID Wizard)
9	PID0_Gain	VD12	Loop Gain
10	PID0_Output	VD8	Calculated, Normalized Loop Output
11	PID0_SP	VD4	Normalized Process Setpoint
12	PID0_PV	VD0	Normalized Process Variable
13	PID0_Table	V80	Loop Table Starting address for PID 0

图 12. PID 数据块

2. 做完 PID 向导后, 如何在调试中修改 PID 参数?

可以在 Status Chart (状态表)  中, 输入相应的参数地址, 然后在线写入用户需要的 PID 参数数值, 这样用户就可根据工艺需要随时对 PID 参数、设定值等进行调整。

3. PID 已经调整合适, 如何正式确定参数?

可以在 Data Block (数据块) 中直接写入参数。

4. 做完 PID 向导后, 能否查看 PID 生成的子程序, 中断程序?

PID 向导生成的子程序, 中断程序用户是无法看到的, 也不能对其进行修改。没有密码能够打开这些子程序, 一般的应用也没有必要打开查看。

5. PID 参数有经验值吗?

每一个项目的 PID 参数都不一样, 没有经验参数, 只能现场调试获得。

6. PID 向导生成的程序为何不执行?

- 必须保证用 SM0.0 无条件调用 PID0-INIT 程序
- 在程序的其它部分不要再使用 SMB34 定时中断, 也不要对 SMB34 赋值

7. 如何实现 PID 反作用调节?

在有些控制中需要 PID 反作用调节。例如: 在夏天控制空调制冷时, 若反馈温度(过程值)低于设定温度, 需要关阀, 减小输出控制(减少冷水流量等), 这就是 PID 反作用调节(在 PID 正作用中若过程值小于设定值, 则需要增大输出控制)。若想实现 PID 反作用调节, 需要把 PID 回路的增益设为负数。对于增益为 0 的积分或微分控制来说, 如果指定积分时间、微分时间为负值, 则是反作用回路。

8. 如何根据工艺要求有选择地投入 PID 功能?

可使用“手动/自动”切换的功能。PID 向导生成的 PID 功能块只能使用 SM0.0 的条件调用。PID Wizard 中的给定-反馈设置完成 PID Wizard 组态后, 会为每个 PID 回路生成一

个子程序 PID_x-INIT (x = 0 - 7)。在用户程序中，必须使用 SM0.0 始终调用这个子程序才能实现 PID 功能。下图是一个最简单的 PID 子程序调用程序段：

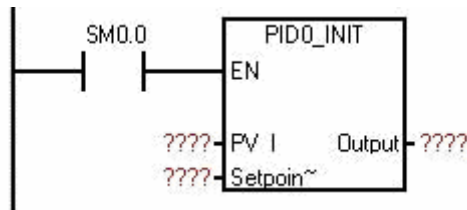


图 1. 调用 PID 子程序 (图形质量不好)

其中：

PV_I: 过程反馈参数值的入口

Setpoint: 给定参数值的入口

Output: PID 调节器的输出值

在这里，给定、反馈的入口参数不是 PID 指令功能块所需要的 0.0 - 1.0 之间的实数，而可以是实际的反馈地址，或是其他变量。例如，PV_I 可以是模拟量输入地址 AIW0，也可以是存储器地址 VW100 等；Setpoint 则往来自 V 变量存储区，这样就可以从人机操作界面 (HMI) 设备输入给定值。

注意：

对于 PID 控制系统来说，必须保证给定与过程反馈的一致性：

- 给定与反馈的物理意义一致

这取决于被控制的对象，如果是压力，则给定也必须对应于压力值；如果是温度，则给定也必须对应于温度。

- 给定与反馈的数值范围对应

如果给定直接是摄氏温度值，则反馈必须是对应的摄氏温度值；如果反馈直接使用模拟量输入的对应数值，则给定也必须向反馈的数值范围换算。

如果给定与反馈的换算有特定的比例关系也可以。如给定也可以表示为以反馈的数值范围的百分比数值。

给定与反馈的数值具体是什么数值，其取值范围究竟如何，完全取决于我们在使用“PID 向导”编程时指定的给定与反馈的数值范围。其中，反馈量的数值范围不能随便自己定义，而要取决于具体应用的模拟量输入模块。

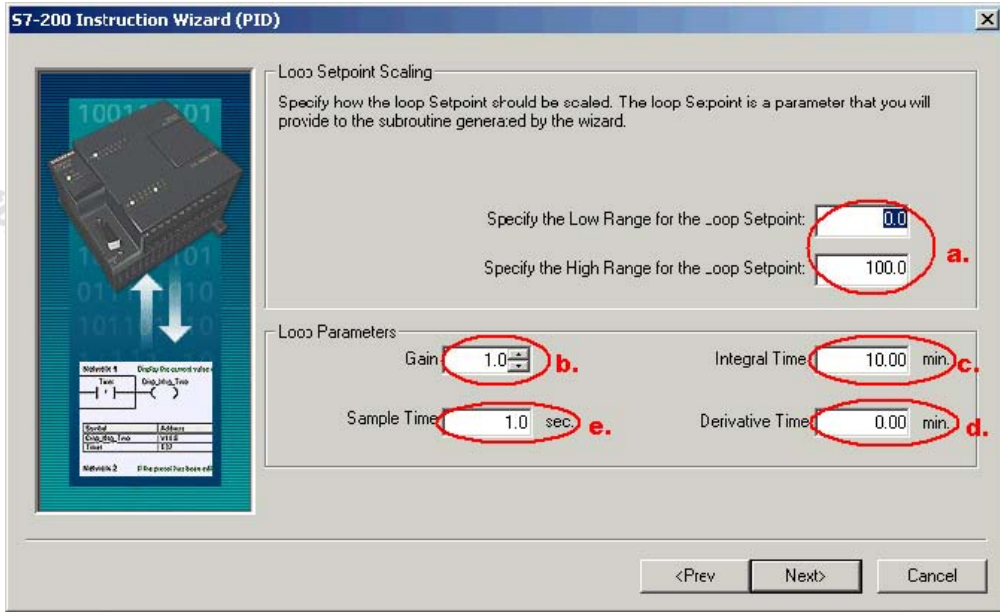


图 2. 在图中 a. 处设置给定范围

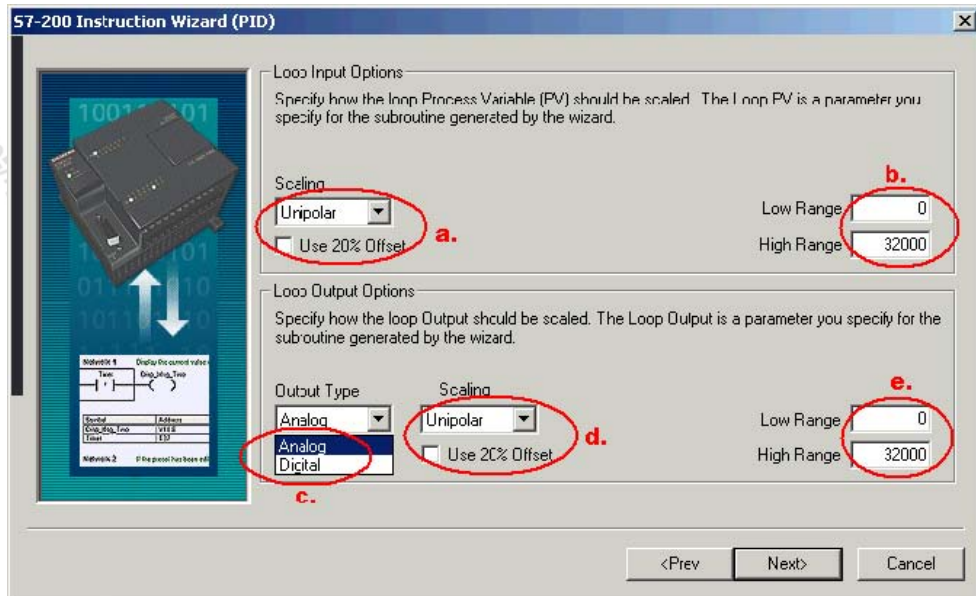


图 3. 在图中 b. 处设置反馈范围

1.6 PID 应用实例

假定一个 PID 控制系统的控制对象是压力，反馈元件的测量范围为 0 - 16MPa。反馈器件的信号经过变换，以 0 - 20mA（或 4 - 20mA）电流信号的形式输入到 EM231 模拟量输入模块中。据此，我们可以按下表设置给定、反馈的范围。

表 1.

		反馈（单极性）		给定	
	实际物力量	模拟量输入值	百分比	物理工程单位形式	
高限	16MPa	32000	100.0	$n \times 16.0$	
低限	0MPa	0 (0-20mA)	0.0	0.0	
		6400 (4-20mA)			

n 为比例系数，为了精度高些可以设置 $n=10$ 等等
 在上面的例子中，反馈和给定可以按照如下方法设置

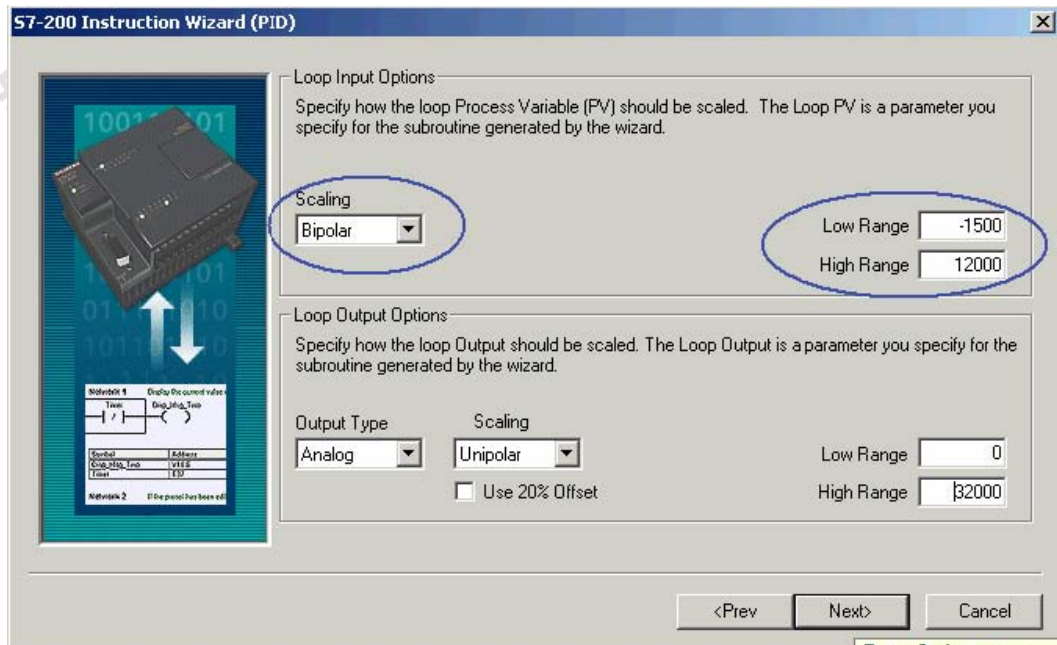


图 4. 反馈范围设置

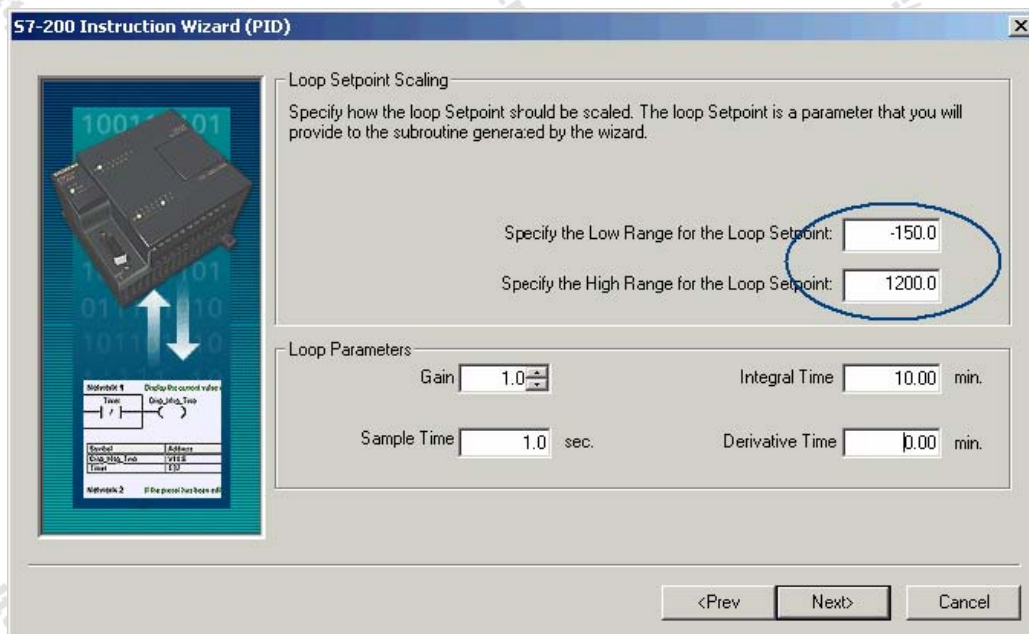


图 5. 给定范围设置

7.9.2 PID 自整定

2.1 PID 自整定概念

新的 S7-200 CPU 支持 PID 自整定功能，在 STEP 7-Micro/WIN V4.0 中也添加了 PID 调节控制面板。

用户可以使用用户程序或 PID 调节控制面板来启动自整定功能。在同一时间最多可以有 8 个 PID 回路同时进行自整定。PID 调节控制面板也可以用来手动调试老版本的（不支持 PID 自整定）CPU 的 PID 控制回路。

用户可以根据工艺要求为调节回路选择快速响应、中速响应、慢速响应或极慢速响应。PID 自整定会根据响应类型而计算出最优化的比例、积分、微分值，并可应用到控制中。

2.2 PID 调节控制面板

STEP 7-Micro/WIN V4.0 中提供了一个 PID 调节控制面板，可以用图形方式监视 PID 回路的运行，另外从面板中还可以启动、停止自整定功能。

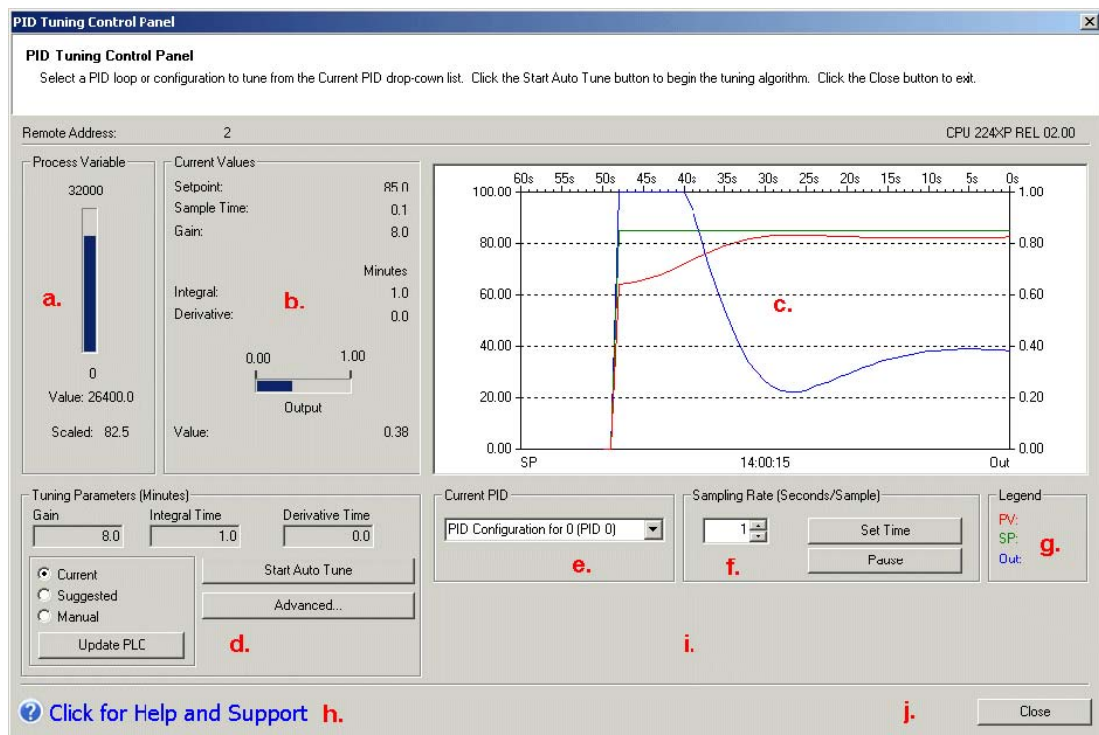


图 1. PID 调节控制面板 在图 1 中:

- 过程值指示
显示过程变量的值及其棒图
- 当前的输出值指示 显示当前使用的设定值、采样时间、PID 参数值及显示当前的输出值和棒图
- 可显示过程值、设定值及输出值的 PID 趋势图

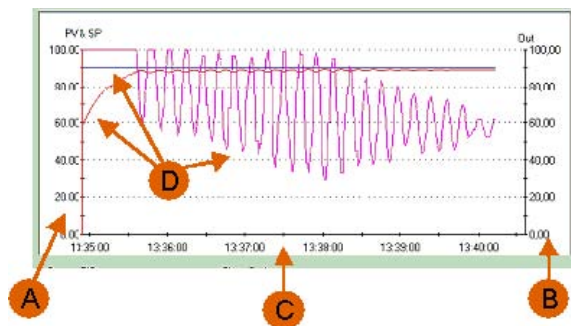


图 2. 图形显示区

图中:

- A. 过程变量和设定值的取值范围及刻度
- B. PID 输出的取值范围及刻度
- C. 实际 PC 时间
- D. 以不同颜色表示的设定值、过程变量及输出的趋势图

d. 调节参数 这里你可以:

- 选择 PID 参数的显示: 当前参数 (Current)、推荐参数 (Suggested)、手动输入 (Manual)

- 在 Manual 模式下, 可改变 PID 参数, 并按 Update PLC 按钮来更新 PLC 中的参数

- 启动 PID 自整定功能

- 选择 Advanced (高级) 按钮进入高级参数设定

e. 当前的 PID 回路号 这里你可以选择需要监视或自整定的 PID 回路

f. 时间选项设定 这里你可以设定趋势图的时基, 时基以分为单位

g. 图例颜色 这里你可以看到趋势图中不同的颜色代表不同的值的趋势

h. 帮助按钮

i. PID 信息显示窗口

j. 关闭 PID 调节面板

要使用 PID 调节控制面板, PID 编程必须使用 PID 向导完成。


2.3 PID 自整定步骤

第一步:

在 PID Wizard (向导) 中完成 PID 功能组态 要想使用 PID 自整定功能, PID 编程必须用 PID 向导来完成

第二步:

打开 PID 调节控制面板, 设置 PID 回路调节参数 在 Micro/WIN V4.0 在线的情况下, 从主菜单 Tools > PID Tune Control Panel 或点

击  进入 PID 调节控制面板中, 如果面板没有被激活 (所有地方都是灰色), 可点击 Configure (配置) 按钮运行 CPU。

在 PID 调节面板的 e. 区选择要调节的 PID 回路号, 在 d. 区选择 Manual (手动), 调节 PID 参数并点击 Update (更新), 使新参数值起作用, 监视其趋势图, 根据调节状况改变 PID 参数直至调节稳定。

为了使 PID 自整定顺利进行, 应当做到:

- 使 PID 调节器基本稳定, 输出、反馈变化平缓, 并且使反馈比较接近给定

● 设置合适的给定值，使 PID 调节器的输出远离趋势图的上、下坐标轴，以免 PID 自整定开始后输出值的变化范围受限制。

参见：手动调整 PID 回路参数

第三步：

在 d. 区点击 Advanced（高级）按钮，设定 PID 自整定选项。如果不是很特殊的系统，也可以不加理会。

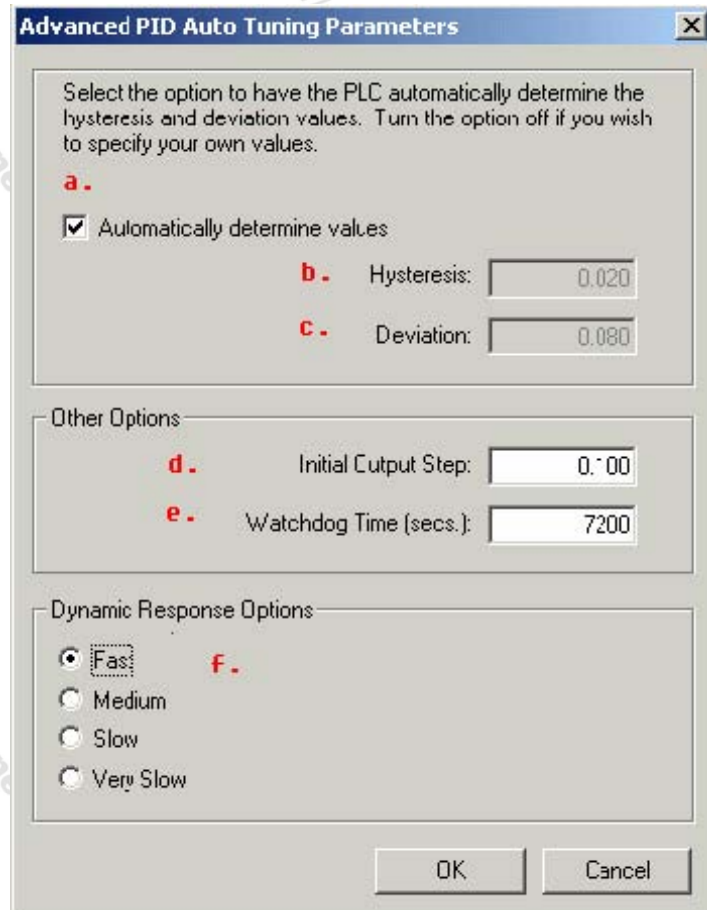


图 3. 设置 PID 自整定高级选项

在此允许设定下列参数：

a. 你可以选中复选框，让自整定来自动计算死区值和偏移值

对于一般的 PID 系统，建议使用自动选择。

b. Hysteresis（滞回死区）：

死区值规定了允许过程值偏离设定值的最大（正负）范围，过程反馈在这个范围内的变化不会引起 PID 自整定调节器改变输出，或者使 PID 自整定调节器“认为”这个范围内的变化是由于自己改变输出进行自整定调节而引起的。PID 自整定开始后，只有过程反馈值超出了该区域，PID 自整定调节器才会认为它对输出的改变发生了效果。这个值用来减少过程变量的噪声对自整定的干扰，从而更精确地计算出过程系统的自然振动频率。如果选用自动计算，则缺省值为 2%。如果过程变量反馈干扰信号较强（噪声大）自然变化范围就大，可能需要人为设置一个较大的值。但这个值的改变要与下面的偏差值保持 1:4 的关系。

c. Deviation（偏差）：

偏差值决定了允许过程变量偏离设定值的峰峰值。如果选择自动计算该值，它将是死区的 4 倍，即 8%。

有些非常敏感的系统不允许过程量偏离给定值很多，也可以人工设置为比较小的值，但是要上述“死区”设置保持比例关系。这就是说，一个精度要求高的系统，其反馈信号必须足够稳定。

d. Initial Output Step (初始步长值): PID 调节的初始输出值

PID 自整定开始后，PID 自整定调节器将主动改变 PID 的输出值，以观察整个系统的反应。初始步长值就是输出的变动第一步变化值，以占实际输出量程的百分比表示。

e. Watchdog Time (看门狗时间): 过程变量必须在此时间（时基为秒）内达到或穿越给定值，否则会产生看门狗超时错误。

PID 自整定调节器在改变输出后，如果超过此时间还未观察到过程反馈（从下至上或从上至下）穿越给定曲线，则超时。如果能够事先确定实际系统响应非常慢，可以加长这个时间。

f. 动态响应选项: 根据回路过程（工艺）的要求可选择不同的响应类型：快速、中速、慢速、极慢速

- 快速: 可能产生超调，属于欠阻尼响应
- 中速: 在产生超调的边缘，属于临界阻尼响应
- 慢速: 不会产生任何超调，属于过阻尼响应
- 极慢速: 不会产生任何超调，属于严重过阻尼响应

用户在这里指定需要达到的系统控制效果，而不是对系统本身响应快慢的判断。

g. 设定完参数点击 OK 键回到 PID 调节控制面板的主画面

第四步:

在手动将 PID 调节到稳定状态后，即过程值与设定值接近，且输出没有不规律的变化，并最好处于控制范围中心附近。此时可点击 d. 区内的 Start Auto Tune 按钮启动 PID 自整定功能，这时按钮变为 Stop Auto Tune。这时只需耐心等待，系统完成自整定后会自动将计算出的 PID 参数显示在 d. 区。当按钮再次变为 Start Auto Tune 时，表示系统已经完成了 PID 自整定。要使用自整定功能，必须保证 PID 回路处于自动模式。开始自整定后，给定值不能再改变。

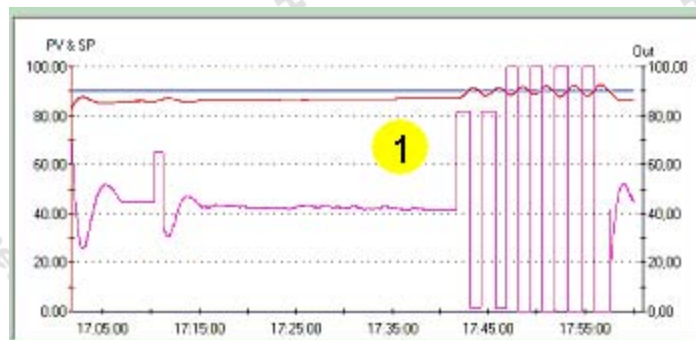
第五步:

如果用户想将 PID 自整定的参数应用到当前 PLC 中，则只需点击 Update PLC。

完成 PID 调整后，最好下载一次整个项目（包括数据块），使新参数保存到 CPU 的 EEPROM 中。

2.4 PID 自整定失败的原因

1. PID 输出在最大值与最小值之间振荡（曲线接触到坐标轴）



解决方法: 降低 PID 初始输出步长值 (initial output step)

2. 经过一段时间后, PID 自整定面板显示如下信息: “The Auto Tune algorithm was aborted due to a zero-crossing watchdog timeout.” 即自整定计算因为等待反馈穿越给定值的看门狗超时而失败。

解决方法: 确定在启动 PID 自整定前, 过程变量和输出值已经稳定。并检查 Watchdog Time 的值, 将其适当增大。

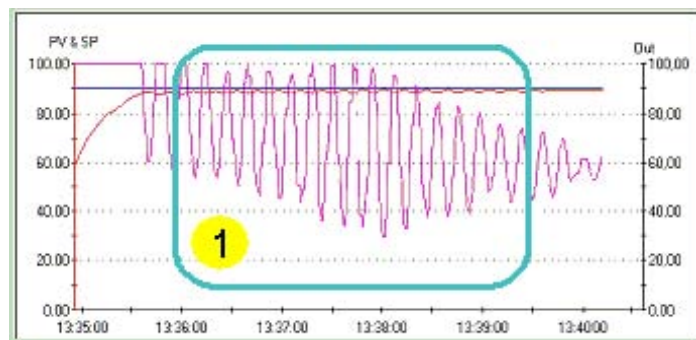
对于其它错误, 可参考手册中表 15-3 中的错误代码的描述。

2.5 如何获得一个稳定的 PID 回路

在开始 PID 自整定调整前, 整个 PID 控制回路必须工作在相对稳定的状态。

稳定的 PID 是指过程变量接近设定值, 输出不会不规则的变化, 且回路的输出值在控制范围中心附近变化。 问题与解决方法:

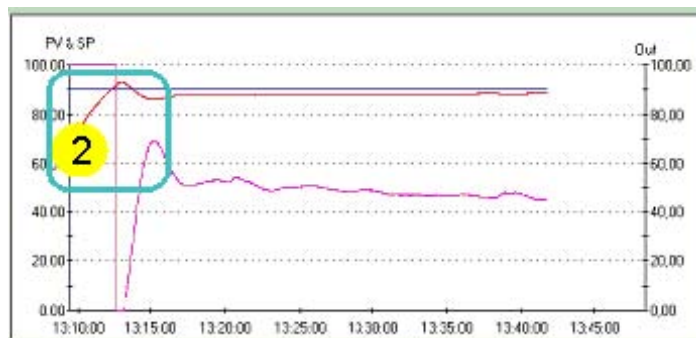
1. PID 输出总是输出很大的值, 并在这一区间内调节变化



产生原因:

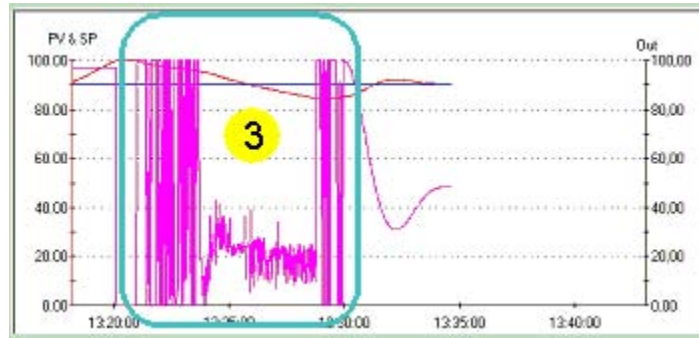
- 增益 (Gain) 值太高
- PID 扫描时间 (sample time) 太长 (对于快速响应 PID 的回路) 解决方法: 降低增益 (Gain) 值并且/或选择短一些的扫描时间

2. 过程变量超过设定值很多 (超调很大)



产生原因: 积分时间 (Integral time) 可能太高 解决方法: 降低积分时间

3. 得到一个非常不稳定的 PID



产生原因:

- 如果用了微分, 可能是微分参数有问题
- 没有微分, 可能是增益 (Gain) 值太高

解决方法:

- 调整微分参数到 0 - 1 的范围内
- 根据回路调节特性将增益值降低, 最低可从 0. x 开始逐渐增大往上调, 直到获得稳定的 PID。