



西门子工业自动化系列教材

西门子人机界面 (触摸屏)组态与应用技术

廖常初 主编 陈晓东 副主编

第3版



DVD 资源
附光盘

- 40 多个视频教程、40 个例程、20 多本中文用户手册
- STEP 7 V13 SP1、S7-PLCSIM V13 SP1、WinCC flexible SMART V3

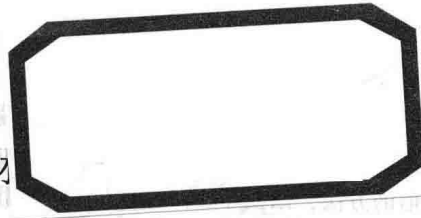
云盘 资源

- WinCC Professional V13 SP1, 可通过扫描封底二维码获取下载链接



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

西门子工业自动化系列教材



西门子人机界面（触摸屏） 组态与应用技术

第 3 版

廖常初 主 编
陈晓东 副主编

常州大学图书馆
藏书章

机械工业出版社

本书介绍了人机界面与触摸屏的工作原理,通过大量的实例,深入浅出地介绍了西门子人机界面组态和调试的方法和技巧,人机界面与 PLC 和计算机通信的方法,以及 PLC 和人机界面应用的工程实例。详细介绍了仿真调试 PLC 和人机界面组成的控制系统的方法。读者用例程在计算机上做仿真实验,可以较快地掌握人机界面组态和使用的方法。

本书的随书资源有与内容配套的 40 个例程、40 多个多媒体视频教程、20 多本中文用户手册和有关的软件。各章有适量的习题,附录有 20 多个实验的指导书。可以用仿真的方法做实验指导书中的绝大多数实验。

本书可以作为大专院校电类、机电一体化专业和培训班的教材,也可供工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

西门子人机界面 (触摸屏) 组态与应用技术/廖常初主编. —3 版. —北京:机械工业出版社, 2018. 5

西门子工业自动化系列教材

ISBN 978-7-111-60186-9

I. ①西… II. ①廖… III. ①人机界面-程序设计-教材 IV. ①TP311.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 126517 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:时 静 责任编辑:时 静

责任校对:张艳霞 责任印制:张 博

三河市宏达印刷有限公司印刷

2018 年 7 月第 3 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·17.25 印张·418 千字

0001-3500 册

标准书号: ISBN 978-7-111-60186-9

ISBN 978-7-89386-181-9 (光盘)

定价:59.80 元 (含 2DVD)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:(010)88379833

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:(010)88379649

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

金书网:www.golden-book.com

前 言

本书是一本全面介绍西门子人机界面（HMI）组态和应用的教材。自本书第2版出版至今已有近十年，西门子的人机界面产品的硬件、软件发生了很大的变化。精简系列、精智系列、精彩系列面板取代了177、277、377系列面板，TIA博途中的组态软件WinCC取代了WinCC flexible。

本书（第3版）根据西门子HMI产品最新的用户手册、组态软件TIA博途V13 SP1和WinCC flexible SMART V3作了全面的改写。通过大量的实例，深入浅出地介绍了使用组态软件对西门子人机界面组态和调试的方法和技巧。

本书第1章介绍了液晶显示器、触摸屏和人机界面的工作原理以及西门子的人机界面产品。第2章通过一个简单的例子，介绍了HMI组态与调试的入门知识，包括画面组态、仿真调试、HMI与PLC的通信。第3章介绍了项目的组态方法和技巧。第4章介绍了各种基本画面对象的组态方法。第5~8章对报警、系统诊断、用户管理、数据记录、报警记录、趋势视图、配方、报表、运行脚本、项目移植、用ProSave传送数据作了专题介绍。第9章综合前面各章的内容，介绍了PLC和人机界面应用的工程实例。第10章介绍了精彩系列面板和它的组态软件WinCC flexible SMART V3的使用方法。

PLC的仿真软件S7-PLCSIM和HMI的运行系统可以分别对PLC和HMI仿真，它们还可以对PLC和HMI组成的控制系统仿真。本书具有很强的可操作性，通过大量的实例，详细介绍了人机界面的组态方法和3种不同的仿真方法。随书资源有与内容配套的40个例程、40多个多媒体视频教程、20多本中文用户手册和配套的软件。读者一边阅读一边在计算机上用例程做仿真实验，就可以较快地掌握人机界面组态和使用的方法。

为了方便教学，各章有适量的习题，附录中有20多个实验的指导书。只用计算机就可以用仿真的方法做实验指导书中的绝大多数实验。

本书的配套软件包括STEP 7 Professional V13 SP1、WinCC Professional V13 SP1、TIA V13 SP1 UPD9、S7-PLCSIM V13 SP1、PLCSIM V13 SP1 UPD1、WinCC flexible SMART V3和WinCC flexible SMART V3 UPD3。

本书可以作为大专院校电类、机电一体化专业和培训班的教材，也可以供工程技术人员和西门子人机界面的用户参考。

本书由廖常初任主编，陈晓东任副主编，范占华、李运树、廖亮、孙明渝、文家学参加了编写工作。

因作者水平有限，书中难免有错漏之处，恳请读者批评指正。

重庆大学电气工程学院 廖常初

目 录

前言	
第1章 人机界面的硬件与工作原理	1
1.1 人机界面概述	1
1.1.1 人机界面	1
1.1.2 液晶显示器	2
1.1.3 人机界面的工作原理	3
1.2 触摸屏的工作原理	5
1.3 西门子的人机界面	8
1.4 习题	11
第2章 HMI 组态与调试入门	12
2.1 软件的安装与使用入门	12
2.1.1 安装软件	12
2.1.2 TIA 博途使用入门	16
2.1.3 工具箱与帮助功能的使用	19
2.1.4 鼠标的使用方法	21
2.1.5 以太网基础知识	23
2.2 一个简单的例子	24
2.2.1 创建项目与组态连接	24
2.2.2 变量与画面的生成与组态	27
2.2.3 组态指示灯与按钮	29
2.2.4 组态文本域与 I/O 域	34
2.3 HMI 的仿真运行	37
2.3.1 HMI 仿真调试的方法	37
2.3.2 使用变量仿真器的仿真	37
2.3.3 S7-1200/1500 与 HMI 的集成仿真	39
2.3.4 S7-300/400 与 HMI 的集成仿真	43
2.3.5 连接硬件 PLC 的 HMI 仿真	46
2.4 HMI 与 PLC 通信的组态与运行	49
2.5 习题	52
第3章 项目组态的方法与技巧	53
3.1 创建与组态画面	53
3.1.1 使用 HMI 设备向导创建画面	53
3.1.2 画面的分类与层的应用	56
3.1.3 组态滑入画面和弹出画面	59

3.2	HMI 的变量组态	61
3.3	库的使用	64
3.4	组态的技巧	67
3.4.1	表格编辑器的使用技巧	67
3.4.2	鼠标的使用技巧	68
3.4.3	动画功能的实现	69
3.4.4	组态的其他技巧	72
3.5	习题	73
第 4 章	画面对象组态	75
4.1	按钮组态	75
4.1.1	用按钮修改变量的值	75
4.1.2	不可见按钮与图形模式按钮的组态	77
4.1.3	使用文本列表和图形列表的按钮组态	79
4.2	开关组态	82
4.3	I/O 域组态	85
4.4	图形输入输出对象组态	87
4.4.1	棒图组态	87
4.4.2	量表组态	90
4.4.3	滚动条组态	93
4.4.4	仿真运行	94
4.5	日期时间域、时钟与符号 I/O 域组态	96
4.5.1	日期时间域与时钟组态	96
4.5.2	符号 I/O 域组态	99
4.6	图形 I/O 域组态	100
4.6.1	多幅画面切换的动画显示	101
4.6.2	电动机运行状态的动画显示	102
4.6.3	旋转物体的动画显示	104
4.7	面板的组态与应用	105
4.7.1	创建面板	105
4.7.2	定义面板的属性	106
4.7.3	面板的应用	107
4.8	习题	109
第 5 章	报警、系统诊断与用户管理	111
5.1	报警的组态与仿真	111
5.1.1	报警的基本概念	111
5.1.2	组态报警	114
5.1.3	组态报警视图	117
5.1.4	组态报警窗口与报警指示器	119
5.1.5	报警系统的仿真	121

5.1.6	报警组态的其他问题	122
5.1.7	精简系列面板报警的组态与仿真	124
5.2	系统诊断的组态与仿真	125
5.3	用户管理的组态与仿真	131
5.4	习题	137
第 6 章	数据记录与趋势视图	138
6.1	数据记录	138
6.1.1	组态数据记录	138
6.1.2	数据记录的仿真	141
6.2	报警记录	145
6.3	趋势视图	148
6.3.1	趋势视图的组态	148
6.3.2	趋势视图的仿真运行	152
6.3.3	f(x)趋势视图	154
6.4	习题	159
第 7 章	配方管理系统	160
7.1	配方的组态与数据传送	160
7.1.1	配方概述	160
7.1.2	配方组态	161
7.1.3	配方的数据传送	163
7.2	配方视图的组态与仿真	165
7.2.1	配方视图的组态	165
7.2.2	配方视图的仿真	167
7.3	配方画面的组态与仿真	169
7.3.1	配方画面的组态	170
7.3.2	配方画面的仿真	172
7.4	习题	173
第 8 章	HMI 应用的其他问题	174
8.1	报表系统	174
8.1.1	报表系统概述	174
8.1.2	组态配方报表	177
8.1.3	组态报警报表	180
8.2	运行脚本	182
8.2.1	创建与调用运行脚本	182
8.2.2	脚本组态与应用的深入讨论	187
8.3	移植 WinCC flexible 2008 的项目	189
8.4	用 ProSave 传送数据	192
8.5	习题	195

第 9 章 人机界面应用实例	197
9.1 控制系统功能简介与 PLC 程序设计	197
9.2 触摸屏画面组态	202
9.2.1 画面的总体规划	202
9.2.2 画面组态	203
9.3 系统的仿真调试	208
9.3.1 使用变量仿真器调试	208
9.3.2 集成仿真调试	209
9.4 习题	212
第 10 章 精彩系列面板的组态与应用	213
10.1 精彩系列面板	213
10.2 精彩系列面板使用入门	214
10.2.1 WinCC flexible SMART V3 的用户接口	214
10.2.2 生成项目与组态变量	217
10.2.3 组态指示灯与按钮	219
10.2.4 组态文本域与 IO 域	220
10.3 HMI 与 PLC 通信的组态与实验	222
10.3.1 用 HMI 的控制面板设置通信参数	222
10.3.2 PLC 与触摸屏通信的实验	223
10.4 组态报警	225
10.5 组态用户管理	230
10.6 组态配方管理	235
10.7 数据记录与趋势视图	238
10.7.1 数据记录	238
10.7.2 报警记录	241
10.7.3 趋势视图	243
10.8 习题	246
附录	248
附录 A 实验指导书	248
A.1 TIA 博途入门实验	248
A.2 使用变量仿真器的仿真实验	248
A.3 集成仿真实验	249
A.4 画面组态实验	250
A.5 I/O 域和按钮的组态实验	251
A.6 开关、棒图和日期时间域的组态实验	252
A.7 符号 I/O 域与图形 I/O 域的组态实验	253
A.8 报警的仿真实验	254
A.9 报警的组态与仿真实验	255
A.10 系统诊断的仿真实验	256

A. 11	用户管理的仿真实验	257
A. 12	数据记录的仿真实验	257
A. 13	报警记录的仿真实验	257
A. 14	f(t)趋势视图的仿真实验	258
A. 15	f(x)趋势视图的仿真实验	258
A. 16	配方管理的仿真实验	259
A. 17	精彩面板的画面组态实验	260
A. 18	精彩面板报警的仿真实验	261
A. 19	精彩面板的用户管理仿真实验	261
A. 20	精彩面板的数据记录仿真实验	262
A. 21	精彩面板的趋势视图仿真实验	263
附录 B	随书资源简介	263
参考文献		265

第 1 章 人机界面的硬件与工作原理

1.1 人机界面概述

1.1.1 人机界面

PLC 是一种以微处理器为基础的通用工业自动控制装置，它综合了现代计算机技术、自动控制技术和通信技术，具有体积小、功能强、程序设计简单、维护方便、可靠性高等优点，被称为现代工业自动化的支柱之一。

人机界面装置是操作人员与 PLC 之间双向沟通的桥梁，很多工业被控对象要求控制系统具有很强的人机界面功能，用来实现操作人员与计算机控制系统之间的对话和相互作用。它们用来显示 PLC 的数字量的 0、1 状态和各种数据，接收操作人员发出的各种命令和设置的参数。人机界面装置一般安装在控制屏上，必须适应恶劣的现场环境，其可靠性应与 PLC 的可靠性相同。

如果用按钮、开关和指示灯等作人机界面装置，它们提供的信息量少，需要熟练的操作人员来操作，而且操作困难。如果用七段数字显示器来显示数字，用拨码开关来输入参数，它们占用 PLC 的 I/O 点数多，硬件成本高。

在环境条件较好的控制室内，可以用计算机作人机界面装置。早期的工业控制计算机用 CRT 显示器和薄膜键盘作工业现场的人机界面，它们的体积大，安装困难，对现场环境的适应能力差。现在使用的几乎都是基于液晶显示器（LCD）的操作员面板和触摸屏。

人机界面（Human Machine Interface）简称为 HMI。从广义上说，HMI 泛指计算机（包括 PLC）与操作人员交换信息的设备。在控制领域，HMI 一般特指用于操作人员与控制系统之间进行对话和相互作用的专用设备。西门子公司的手册将人机界面装置称为 HMI 设备，本书同样将它们称为 HMI 设备。

人机界面是按工业现场环境应用来设计的，正面的防护等级为 IP65，背面的防护等级为 IP20，坚固耐用，其稳定性和可靠性与 PLC 相当，非常适合在恶劣的工业环境中长时间连续运行，因此人机界面是 PLC 的最佳搭档。

人机界面用于承担下列任务。

- 过程可视化：在人机界面上动态显示过程数据（即 PLC 采集的现场数据）。
- 操作员对过程的控制：操作员通过图形界面来控制过程。例如，操作员可以用触摸屏画面中的输入域来修改控制系统的参数，或者用画面中的按钮来起动电动机。
- 显示报警：过程的临界状态会自动触发报警，例如当变量超出设定值时。
- 记录（归档）功能：顺序记录过程值和报警信息，用户可以检索以前的生产数据。
- 输出过程值和报警记录：例如可以在某一轮班结束时打印输出生产报表。
- 配方管理：将过程和设备的参数存储在配方中，可以一次性将这些参数从人机界面下

载到 PLC，以便改变产品的品种。

在使用人机界面时，需要解决画面设计与与 PLC 通信的问题。人机界面生产厂家用组态软件很好地解决了这两个问题。组态软件使用方便、易学易用。使用组态软件可以很容易地生成人机界面的画面，还可以实现某些动画功能。人机界面用文字或图形动态地显示 PLC 中开关量的状态和数字量的数值。通过各种输入方式，将操作人员的开关量命令和数字量设定值传送到 PLC。

各种品牌的人机界面一般都可以和各主要生产厂家的 PLC 通信。用户不用编写 PLC 和人机界面的通信程序，只需要在 PLC 的编程软件和人机界面的组态软件中对通信参数进行简单的设置，就可以实现人机界面与 PLC 的通信。

各主要的控制设备生产厂商，例如西门子、AB、施耐德和三菱等公司，均有它们的人机界面系列产品，此外还有一些专门生产人机界面的厂家。不同厂家的人机界面（包括它们的组态软件）之间互不兼容。

过去应用人机界面的主要障碍是它的价格较高，随着技术的发展和应用的普及，近年来人机界面的价格已经大幅下降，一个大规模应用人机界面的时代正在到来，人机界面已经成为现代工业控制系统必不可少的设备之一。

1.1.2 液晶显示器

液晶是一种介于固态和液态之间的物质，是具有规则性分子排列的有机化合物，如果把它加热会呈现透明的液体状态，把它冷却则会出现结晶颗粒的混浊固体状态。正是由于它的这种特性，所以被称之为液晶（Liquid Crystal）。用于液晶显示器的液晶分子结构排列类似细火柴棒，称为向列型（Nematic）液晶，采用液晶制造的液晶显示器（Liquid Crystal Display）简称为 LCD。

1. TN-LCD

扭曲向列型 LCD 的英语名称为 Twisted Nematic LCD，简称为 TN-LCD，其他种类的液晶显示器是在 TN 型的基础上改进的。图 1-1 是 TN 型液晶显示器的结构示意图，它由垂直方向与水平方向的偏光板、具有细纹沟槽的配向膜、液晶材料以及导电的玻璃基板等组成。

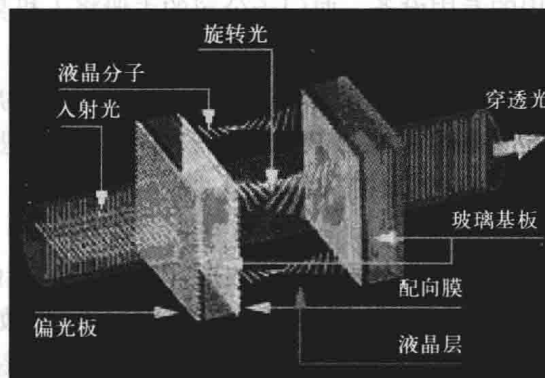


图 1-1 TN 型液晶显示器显示原理（亮的情况）

TN 型液晶显示器无法显示细腻的字符，通常用于电子表和计算器。

2. STN-LCD

超扭曲向列 LCD 的英语名称为 Super Twisted Nematic LCD，简称为 STN-LCD。其显示原理与 TN 型相类似。TN-LCD 的液晶分子将入射光旋转 90° ，而 STN-LCD 将入射光旋转 $180^\circ \sim 270^\circ$ 。由于扭转角度较大，字符显示比 TN-LCD 细腻。

STN-LCD 属于被动矩阵式 LCD 器件，反应时间较长。传统单色 STN 液晶显示器加上彩色滤光片，并将单色显示矩阵中的每个像素分成 3 个子像素，分别通过彩色滤光片显示红、绿、蓝三原色，就可以显示出彩色画面。由于 STN-LCD 支持的色彩数有限（例如 8 色或 16 色），所以也称为“伪彩”显示器。

STN 方式的图像质量较差，在较暗的环境中清晰度很差，需要配备外部光源。但是具有功耗小、价格低的优点，现在只有少量小型低端 HMI 使用 STN-LCD。

3. TFT-LCD

TFT 是薄膜晶体管（Thin Film Transistor）的缩写。TFT 液晶显示器又称为“真彩”显示器，TFT-LCD 采用与 TN 系列 LCD 截然不同的显示方式，但是在构造上和 TN 液晶显示器有相似之处，同样采用两夹层间填充液晶分子的设计，只不过把 TN 上部夹层的电极改为 FET（场效应晶体管），而下层改为共同电极。

TFT-LCD 为每个像素设有一个半导体开关，属于有源矩阵液晶显示器。它可以“主动地”对屏幕上的各个独立的像素进行控制，每一液晶像素点都用集成在其后的薄膜晶体管来驱动，每个像素都可以通过脉冲直接控制，因为每个像素都可以相对独立地控制，不仅提高了显示屏的反应速度，同时可以精确控制显示色阶，所以 TFT 液晶的色彩逼真。

TFT 液晶显示器较为复杂，主要是由荧光管、导光板、偏光板、滤光板、玻璃基板、配向膜、液晶材料、薄膜晶体管等构成。

在光源设计上，TFT 的显示采用“背透式”照射方式，即在液晶的背部设置类似日光灯的光源。光源先经过一个偏光板，然后再经过液晶。液晶分子的排列方式会改变穿透液晶的光线角度，通过遮光和透光来达到显示信息的目的。这些光线还必须经过前方的彩色滤光膜与另外一块偏光板。因此只要改变加在液晶上的电压值，就可以控制最后出现的光线强度与色彩，这样就能在液晶面板上显示出有不同色调的颜色组合。

由于 FET 晶体管具有电容效应，能够保持电位状态，先前透光的液晶分子会一直保持这种状态，直到 FET 电极下一次再加电改变其排列方式。相对而言，TN 就没有这个特性，其液晶分子一旦没有施压，立刻就会返回原始状态，这是 TFT 液晶和 TN 液晶显示的最大不同之处。

TFT 液晶显示屏的特点是亮度好、对比度高、层次感强、颜色鲜艳，反应时间较短，且其可视角度大，可达到 170° 。与 STN 相比，TFT 有出色的色彩饱和度、还原能力和更高的对比度。但是也有耗电较多和成本较高的缺点。

西门子现在的 HMI 产品几乎全部使用彩色的 TFT 液晶显示器。

1.1.3 人机界面的工作原理

人机界面最基本的功能是显示现场设备（通常是 PLC）中的开关量状态和存储器中数字变量的值，用监控画面向 PLC 发出开关量命令，以及修改 PLC 存储器中的参数。

1. 对画面组态

“组态”（Configuration）一词有配置和参数设置的意思。人机界面用个人计算机上运行的组态软件来生成满足用户要求的监控画面，用画面中的图形对象来实现其功能，用项目来管理这些画面。

使用组态软件可以很容易地生成人机界面的画面，用文字或图形动态地显示 PLC 中的开关量的状态和数字量的数值。通过各种输入方式，将操作人员的开关量命令和数字量设定值传送到 PLC。画面的生成是可视化的，一般不需要用户编程，组态软件的使用简单方便，很容易掌握。

在画面中生成图形对象后，只需要将图形对象与 PLC 中的存储器地址联系起来，就可以实现控制系统运行时 PLC 与人机界面之间的自动数据交换。

画面由组成背景的静态对象和动态对象组成。静态对象包括静态文字、数字、符号和静态图形，图形可以在组态软件中生成，也可以用其他绘图软件生成。

动态对象用与 PLC 内的变量相连的数字、图形符号、条形图或趋势图等方式显示出来。在运行时，可以用功能键来切换画面。还可以组态人机界面监视 PLC 的报警条件和报警画面，以及报警发生时需要打印的信息。

2. 人机界面的通信功能

人机界面具有很强的通信功能，有的配备有多个通信接口。使用各种通信接口和通信协议，人机界面能与各主要生产厂家的 PLC 通信，以及与运行组态软件的计算机通信。通信接口的个数和种类与人机界面的型号有关。西门子现在的人机界面设备基本上都有以太网接口，此外有的还有 RS-485 串行通信接口（简称串口）和 USB 接口。串口可以使用 MPI/PROFIBUS-DP 通信协议。可以实现一台触摸屏与多台 PLC 通信，或者多台触摸屏与一台 PLC 通信。

3. 编译和下载项目文件

编译项目文件是指将建立的画面和设置的信息转换成人机界面可以执行的文件。编译成功后，需要将组态计算机中的可执行文件下载到人机界面的 Flash EPROM（闪存）中，这种数据传送称为下载（见图 1-2）。为此首先应在组态软件中选择通信协议，设置计算机侧的通信参数，同时还应通过人机界面的控制面板设置人机界面的通信参数。

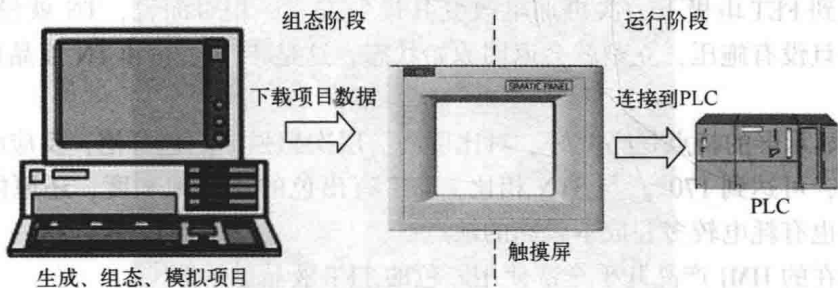


图 1-2 人机界面的工作原理

4. 运行阶段

在控制系统运行时，人机界面和 PLC 之间通过通信来交换信息，从而实现人机界面的各种功能。不用为 PLC 或人机界面的通信编程，只需要在组态软件中和人机界面中设置通

信参数，就可以实现人机界面与 PLC 之间的通信。

5. 人机界面的操作与维护

只能用手指或触摸笔触摸 HMI 设备的触摸屏，只能使用手指操作 HMI 设备的薄膜按键。使用坚硬、锋利或尖锐的东西，或采取粗重的方式操作触摸屏和按键，可能大大降低其使用寿命，甚至导致完全毁坏。

HMI 设备是为免维护操作而设计的。尽管如此，触摸屏或键盘保护膜和显示器都必须定期清洁。在清洁前，应关闭 HMI 设备，以避免意外触发功能。

可以使用有清洁剂的湿润的布来清洁设备，只能使用少量液体皂水或屏幕清洁剂，不要将清洁剂直接喷在 HMI 设备上，要用布蘸上使用。不要使用有腐蚀性的溶剂或去污粉，清洁时不要使用压缩空气或喷气鼓风机。

为了在 HMI 设备通电和运行项目时也可进行清洁，组态工程师可以组态一个操作员控制对象（例如按钮），来调用“清洁屏幕”功能。“清洁屏幕”功能被激活之后，在组态的时段内，将锁定触摸屏操作和功能键操作。组态工程师可以将操作锁定 5~30s。用进度条指示到操作锁定结束时剩余的时间。

HMI 设备本身一般不提供屏幕使用的保护膜，可以订购 HMI 设备的保护膜。保护膜是一种自粘膜，可以防止刮擦和弄脏屏幕，取下保护膜时屏幕上不会留下任何粘留物。

禁止使用锋利或尖锐的工具（例如刀等）取下保护膜，这可能会损坏触摸屏。

1.2 触摸屏的工作原理

随着计算机技术的普及，在 20 世纪 90 年代初，出现了一种新的人机交互技术——触摸屏技术。利用这种技术，使用者只要用手指轻轻地触碰计算机显示屏上的图形或文字，就能实现对主机的操作或查询，这样就摆脱了键盘和鼠标操作，大大地提高了计算机的可操作性。

触摸屏是一种最直观的操作设备，只要用手指触摸屏幕上的图形对象，计算机便会执行相应的操作。人的行为和机器的行为变得简单、直接、自然，达到完美的统一。用户可以用触摸屏上的文字、按钮、图形和数字信息等，来处理或监控不断变化的信息。此外触摸屏还具有坚固耐用和节省空间等优点。

触摸屏是人机界面发展的主流方向，几乎成了人机界面的代名词，现在有的专业人机界面生产厂家甚至只生产触摸屏。本书以触摸屏为主要讲述对象。

1. 触摸屏的基本工作原理

触摸屏是一种透明的绝对定位系统，首先必须保证它是透明的，透明问题是通过材料科技来解决的。

其次是它能给出手指触摸处的绝对坐标，而鼠标属于相对定位系统。绝对坐标系统的特点是每一次定位的坐标与上一次定位的坐标没有关系，触摸屏在物理上是一套独立的坐标定位系统，每次触摸的位置转换为屏幕上的坐标。要求不管在什么情况下，同一点输出的坐标数据是稳定的，坐标值的漂移值应在允许范围内。

触摸屏的基本原理如下：用户用手指或其他物体触摸安装在显示器上的触摸屏时，被触摸位置的坐标被触摸屏控制器检测，并通过通信接口将触摸信息传送到 PLC，从而得到输入

的信息。

触摸屏系统一般包括两个部分：触摸检测装置和触摸屏控制器。触摸检测装置安装在显示器的显示表面，用于检测用户的触摸位置，再将该处的信息传送给触摸屏控制器。触摸屏控制器的主要作用是接收来自触摸检测装置的触摸信息，并将它转换成触摸点的坐标，判断出触摸的意义后送给 PLC。它同时能接收 PLC 发来的命令并加以执行，例如动态地显示开关量和模拟量。

2. 四线电阻触摸屏

电阻式触摸屏利用压力感应检测触摸点的位置，能承受恶劣的环境因素的干扰，但手感和透光性较差。

电阻触摸屏的主要部分是一块与显示器表面配合得很好的 4 层透明复合薄膜，最下面是玻璃或有机玻璃构成的基层，最上面是一层外表面经过硬化处理、光滑防刮的塑料层。中间是两层称为 ITO 的透明的金属氧化物（如氧化铟）导电层，它们之间有许多细小的透明绝缘的隔离点把它们隔开。当手指触摸屏幕时，两层导电层在触摸点处接触（见图 1-3）。

触摸屏的两个金属导电层是它的工作面，在每个工作面的两端各涂有一条银胶，作为该工作面的一对电极。分别在两个工作面的垂直方向和水平方向上施加直流电压，在工作面上就会形成均匀连续平行分布的电场。

当手指触摸屏幕时，平常相互绝缘的两层导电层在触摸点处接触，使得侦测层的电压由零变为非零，这种状态被控制器侦测到后，进行 A-D 转换，并将得到的电压值与 5V 相比，就能计算出触摸点的 Y 轴坐标，同理可以得出 X 轴的坐标。这就是所有电阻式触摸屏共同的基本原理。

根据引出线数的多少，电阻式触摸屏分为四线式和五线式两种。四线式触摸屏的 X 工作面和 Y 工作面分别加在两个导电层上，共有四根引出线，分别连到触摸屏的 X 电极对和 Y 电极对上。从实用和经济两方面考虑，当前市场应用最多的是模拟式四线电阻触摸屏。

3. 五线电阻触摸屏

四线电阻触摸屏的基层大多数是有机玻璃，存在透光率低和易老化的问题，ITO 是无机物，有机玻璃是有机物，它们不能很好地结合，时间一长容易剥落。

第二代电阻式触摸屏——五线电阻触摸屏的基层使用 ITO 与玻璃复合的导电玻璃，通过精密电阻网络，把两个方向的电压场都加在玻璃的导电工作面上，可以理解为两个方向的电压场分时加在同一个工作面上，而延展性好的外层镍金导电层仅仅用来作纯导体，触摸后用既检测内层 ITO 接触点的电压又检测导通电流的方法，测得触摸点的位置。五线电阻触摸屏的内层 ITO 需要四条引线，外层作为导体仅需一条线，因此总共需要 5 根引线。

五线电阻触摸屏的使用寿命和透光率与四线电阻屏相比有了一个飞跃，触摸寿命提高了十多倍。五线电阻触摸屏没有安装风险，其 ITO 层能做得更薄，因此透光率和清晰度更高，几乎没有色彩失真。

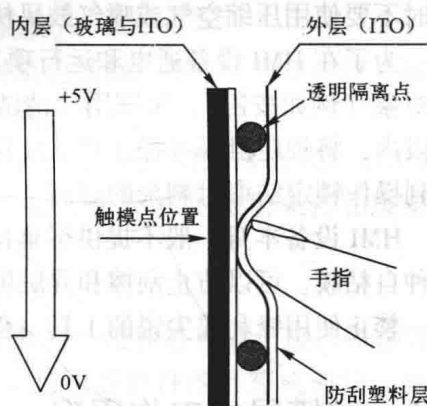


图 1-3 电阻触摸屏工作原理

不管是四线电阻触摸屏还是五线电阻触摸屏，它们都不怕灰尘、水汽和油污，可以用各种物体来触摸它，或者在它的表面上写字画画，比较适合工业控制领域及办公室内有限的人使用。因为复合薄膜的外层采用塑胶材料，其缺点是太用力或使用锐器触摸可能划伤触摸屏。在一定限度内，划伤只会伤及外导电层，对于五线电阻触摸屏来说没有关系，但是对四线电阻触摸屏来说是却是致命的。

4. 表面声波触摸屏

表面声波是超声波的一种，它是在介质（例如玻璃）表面进行浅层传播的机械能量波。表面声波性能稳定、易于分析，并且在横波传递过程中具有非常尖锐的频率特性。

表面声波触摸屏的触摸屏部分可以是一块平面、球面或是柱面的玻璃平板，安装在CRT、LED、LCD或是等离子显示器屏幕的前面。这块玻璃平板只是一块纯粹的强化玻璃，没有任何贴膜和覆盖层。

玻璃屏的左上角和右下角各固定了竖直和水平方向的超声波发射换能器，右上角则固定了两个相应的超声波接收换能器，玻璃屏的四边刻有45°角、由疏到密间隔非常精密的反射条纹（见图1-4）。

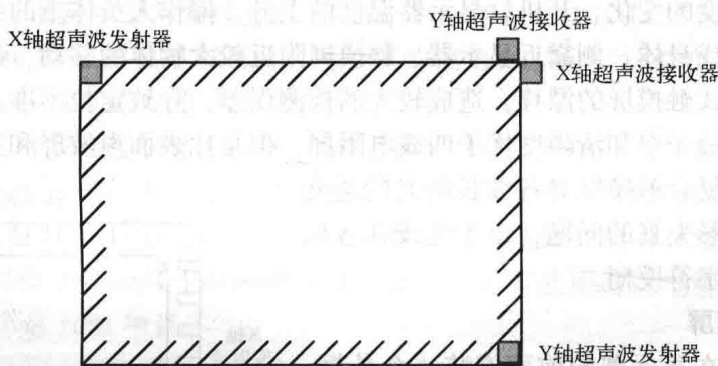


图 1-4 表面声波触摸屏示意图

在没有触摸的时候，接收信号的波形与参照波形完全一样。当手指触摸屏幕时，手指吸收了一部分声波能量，控制器侦测到接收信号在某一时刻的衰减，由此可以计算出触摸点的位置。

除了一般触摸屏都能响应的 X、Y 坐标外，表面声波触摸屏独一无二的突出特点是它能感知第三轴（Z 轴）的坐标，用户触摸屏幕的力量越大，接收信号波形上的衰减缺口也就越宽越深，可以由接收信号衰减处的衰减量计算出用户触摸压力的大小。其分辨率、精度和稳定性非常高。

表面声波触摸屏非常稳定，不受温度、湿度等环境因素的影响，寿命长（可达 5000 万次无故障），透光率和清晰度高，没有色彩失真和漂移，安装后无须再进行校准，有极好的防刮性，能承受各种粗暴的触摸，最适合公共场所使用。

表面声波触摸屏直接采用直角坐标系，数据转换无失真，精度极高，可达 4096×4096。

受其工作原理的限制，表面声波触摸屏的表面必须保持清洁，使用时会受尘埃和油污的影响，需要定期进行清洁维护工作。

5. 电容式触摸屏

电容式触摸屏是一块四层复合玻璃屏，用真空金属镀膜技术在玻璃屏的内表面和夹层各

镀有一层 ITO，玻璃四周再镀上银质电极，最外层是只有 0.0015 mm 厚的玻璃保护层，夹层 ITO 涂层作为工作面，四个角引出四个电极，内层 ITO 为屏蔽层，以保证良好的工作环境。

在玻璃的四周加上电压，经过均匀分布的电极的传播，使玻璃表面形成一个均匀电场，当用户触摸电容屏时，由于人是一个大的带电体，用户手指头和工作面形成一个耦合电容，因为工作面上接有高频信号，手指头吸收走一个很小的电流。这个电流分别从触摸屏四个角上的电极流出，流经这四个电极的电流与手指到四角的距离成比例，控制器通过对这四个电流比例的精密计算，得出触摸点的位置。

这种触摸屏具有分辨率高、反应灵敏、触感好、防水、防尘、防晒等特点。

电容屏把人体当作电容器元件的一个电极使用。电容值虽然与极间距离成反比，却与相对面积成正比，并且还与介质的绝缘系数有关。因此，当较大面积的手掌或手持的导体靠近电容屏而不是触摸时，就能引起电容屏的误动作，在潮湿的天气，这种情况尤为严重。

如果用戴手套的手或手持不导电的物体触摸电容触摸屏，因为增加了绝缘的介质，可能没有反应。

环境温度和湿度的变化、开机后显示器温度的上升、操作人员体重的差异、用户触摸屏的同时另一只手或身体一侧靠近显示器、触摸屏附近较大物体的移动，都会使环境电场发生改变，引起电容式触摸屏的漂移，造成较大的检测误差，导致定位不准。

电容触摸屏的透光率和清晰度优于四线电阻屏，但是比表面声波屏和五线电阻屏差。

电容屏的四层复合触摸屏对各波长的光的透光率不均匀，存在色彩失真的问题，由于光线在各层间的反射，使图像字符模糊。

6. 红外线触摸屏

红外线触摸屏在显示器的前面安装一个外框，藏在外框中的电路板在屏幕四边排布红外线发射管和红外线接收管，形成横竖交叉的红外线矩阵（见图 1-5）。用户在触摸屏幕时，手指会挡住经过该位置的横竖两条红外线，因而可以判断出触摸点在屏幕的位置。

红外线触摸屏不受电流、电压和静电干扰，适宜恶劣的环境条件，但是分辨率较低，易受外界光线变化的影响。

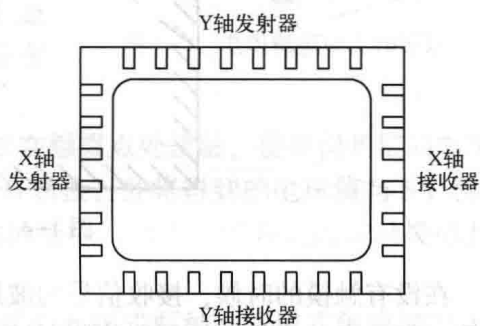


图 1-5 红外线触摸屏示意图

1.3 西门子的人机界面

西门子的手册将人机界面设备简称为 HMI 设备，有时也将它们简称为面板（Panel）。型号中的 KP 表示按键面板，TP 表示触摸面板，KTP 是有少量按钮的触摸屏型面板。

1. 西门子各系列人机界面的简要特点

西门子当前的人机界面产品有下述 5 种系列，它们均有以太网接口，有的还有串行通信接口和 USB 接口，可以连接各主要生产厂家的 PLC，支持多种语言。它们的可靠性高，正面的防护等级为 IP65。