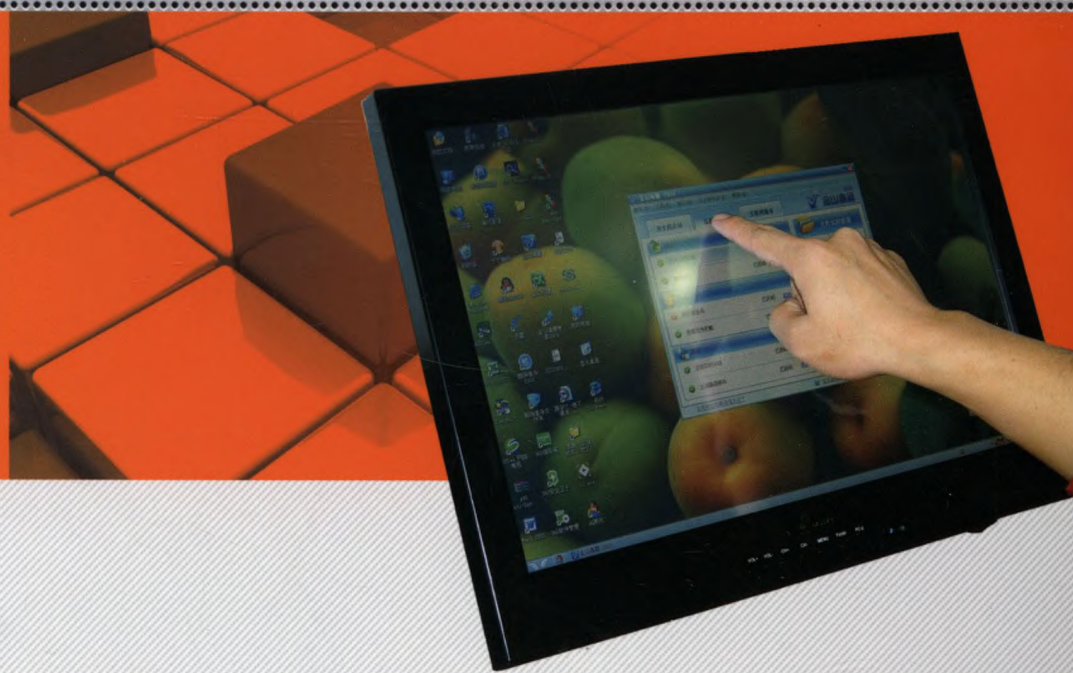
图解触摸屏工程应用技巧

周志敏 纪爱华 等编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

图解触摸屏工程应用技巧

周志敏　纪爱华　等编著

机 械 工 业 出 版 社

本书结合国内外触摸屏技术发展动态及最新工程应用技术，以触摸屏工程实用技术为核心内容，全面系统地阐述了触摸屏的基础知识和最新应用技术。全书共6章，深入浅出地介绍了触摸屏基础知识、触摸屏分类、触摸式人机界面工程应用、台达触摸式人机界面工程应用、三菱触摸式人机界面工程应用、威纶触摸式人机界面工程应用等内容。

本书题材新颖，内容丰富实用，深入浅出，文字通俗，具有很高的实用价值，是从事触摸式人机界面技术开发、设计与应用的工程技术人员的必备读物，也可供高等院校、职业技术院校相关专业师生阅读参考。

图书在版编目（CIP）数据

图解触摸屏工程应用技巧/周志敏等编著. —北京：机械工业出版社，2012.3(2013.6重印)

ISBN 978-7-111-37041-3

Ⅰ.①图… Ⅱ.①周… Ⅲ.①触摸屏-应用-图解 Ⅳ.①TP334-64

中国版本图书馆CIP数据核字（2012）第002683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：闾洪庆 责任编辑：闾洪庆 版式设计：霍永明

责任校对：陈立辉 封面设计：陈 沛 责任印制：张 楠

高教社（天津）印务有限公司印刷

2013年6月第1版第2次印刷

184mm×260mm · 16.5印张 · 418千字

3001—4000册

标准书号：ISBN 978-7-111-37041-3

定价：49.80元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

社服务中心：（010）88361066

销售一部：（010）68326294

销售二部：（010）88379649

读者购书热线：（010）88379203

网络服务

门户网：http://www.cmpbook.com

教材网：http://www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

前　言

触控屏（Touch Panel）又称为触摸屏，是可接收触摸等输入信号的感应式显示装置，当触摸屏幕上的图形按钮时，屏幕上的触觉反馈系统可根据预先编制的应用程序完成各种操作功能，触摸屏可用以取代机械式的按钮面板。触摸屏是一种最新的计算机输入设备，它可以让使用者只用手指轻轻地触摸计算机显示屏上的图符或文字，就能实现对主机的操作，这样摆脱了键盘和鼠标操作，使人与计算机的交互更为直截了当。

触摸屏是目前最简单、方便、自然的一种人与计算机交互方式。它赋予了信息交互崭新的面貌，是极富吸引力的全新信息交互设备。触摸屏在我国的应用范围非常广阔，主要应用于公共信息的查询、办公、工业控制、军事指挥、信息游览、电视传媒、多媒体教学、移动通信、家用电器等领域。

触摸屏具有坚固耐用、反应速度快、节省空间、易于交流等许多优点。触摸屏对应用于各种领域计算机系统已经是必不可少的设备。触摸屏技术的发展引起了国内外信息传媒界的普遍关注，现已成为具有发展前景和影响力的一项高新技术产业。触摸屏产品的开发、研制、生产、应用已成为发展前景十分诱人的朝阳产业。目前，随着触摸屏技术的广泛应用及潜在的市场，触摸屏显示出了强大的发展潜力，并已形成完整的触摸屏开发、研制、生产、应用产业链。

人机界面是在人与机器之间，通过某种界面，人能够对机器下达指令，机器则能够透过此界面将执行状况与系统状况反馈给使用者，换言之，正确地在人机之间传达信息以及指令，人机界面或称为人机互动（Human Machine Interface，HMI），是一个涵盖多种科技的领域，从严格意义上来说，人机界面与人们常说的“触摸屏”是有本质上的区别的。因为“触摸屏”仅是人机界面产品中可能用到的硬件部分，是一种替代鼠标及键盘部分功能，安装在显示屏前端的输入设备；而人机界面产品则是一种包含硬件和软件的人机交互设备。

为适应国内触摸式人机界面技术的发展与工程应用，本书以从事触摸式人机界面技术开发、工程设计与应用的工程技术人员为读者对象，系统地阐述了触摸式人机界面技术的基础知识和最新工程应用技术，本书在写作上尽量做到有针对性和实用性，力求做到通俗易懂、结合实际，使得从事触摸式人机界面技术开发、设计、应用的工程技术人员从中受益，以使读者系统全面地了解和掌握触摸式人机界面的最新工程应用技术。

参加本书编写工作的有周志敏、纪爱华、周纪海、纪达奇、刘建秀、顾发娥、纪达安、纪和平、刘淑芬等，本书在编写过程中无论从资料的收集还是技术信息交流上都得到了国内外专业学者和触摸式人机界面制造商的大力支持，在此向他们表示衷心的感谢。

由于时间短，水平有限，书中难免有不当之处，敬请读者批评指正。

作　者

目　录

前言

第 1 章　触摸屏基础知识 …… 1

1.1　触摸屏技术及发展历程 …… 1

1.1.1　触摸屏技术 …… 1

1.1.2　触摸屏发展历程 …… 6

1.2　触摸屏原理及特性 …… 7

1.2.1　触摸屏原理 …… 7

1.2.2　触摸屏特性 …… 10

1.3　触摸屏分类及性能比较 …… 11

1.3.1　触摸屏技术的类型 …… 11

1.3.2　触摸屏性能比较 …… 15

1.3.3　多点触摸屏技术 …… 16

1.4　触摸屏应用领域及发展趋势 …… 21

1.4.1　触摸屏的应用领域 …… 21

1.4.2　触摸屏发展趋势 …… 25

第 2 章　触摸屏分类 …… 31

2.1　电阻式触摸屏 …… 31

2.1.1　电阻式触摸屏工作原理 …… 31

2.1.2　电阻式触摸屏技术特性 …… 34

2.1.3　电阻式触摸屏技术动向 …… 44

2.2　电容式触摸屏 …… 49

2.2.1　电容式触摸屏技术 …… 49

2.2.2　表面电容式触摸屏技术 …… 54

2.2.3　投射电容式触摸屏技术 …… 59

2.2.4　第 3 代电容式触摸屏技术特性 …… 66

2.2.5　电容式触摸屏解决方案 …… 71

2.3　红外式触摸屏工作原理及特性 …… 80

2.3.1　红外式触摸屏工作原理 …… 80

2.3.2　红外式触摸屏发展历程及优缺点 …… 87

2.4　表面声波式触摸屏原理及特性 …… 89

2.4.1　表面声波式触摸屏原理 …… 89

2.4.2　表面声波式触摸屏优缺点及发展趋势 …… 93

第 3 章　触摸式人机界面工程应用 …… 96

3.1　触摸式人机界面 …… 96

3.1.1　人机界面 …… 96

3.1.2　工业触摸式人机界面 …… 102

3.2　触摸式人机界面系统工程设计 …… 105

3.2.1　触摸式人机界面应用定义及选择 …… 105

3.2.2　触摸屏系统设计 …… 110

3.2.3　触摸式人机界面与 PLC 的通信 … 112

第 4 章　台达触摸式人机界面工程应用 …… 127

4.1　台达 DOP 系列触摸式人机界面 …… 127

4.1.1　台达 DOP 系列触摸式人机界面特点及 COMPort 定义 …… 127

4.1.2　台达 DOP 系列触摸式人机界面与控制器连接 …… 129

4.1.3　Screen Editor 安装及通信 …… 139

4.2　台达 DOP 系列触摸式人机界面工程应用技巧 …… 152

4.2.1　台达 DOP 系列触摸式人机界面与西门子 S7-200 PLC 通信 …… 152

4.2.2　台达 AE 系列触摸式人机界面与高压变频器通信 …… 156

4.2.3　台达 DOP 系列触摸式人机界面一机多屏应用 …… 157

4.2.4　宏程序编辑及台达 DOP 通信实例 …… 160

第 5 章　三菱触摸式人机界面工程应用 …… 176

5.1　三菱触摸式人机界面 …… 176

5.1.1　三菱触摸式人机界面型号与特点 …… 176

5.1.2　GTO 安装与操作 …… 177

5.1.3　三菱 GTO900 触摸屏通用设置 … 180

5.2　三菱 GOT 工程应用技巧 …… 196

5.2.1　三菱 A900GOT 与 Q 系列 PLC 以太网连接的设置 …… 196

5.2.2　三菱 A900GOT 网关功能的应用技巧 …… 197

5.2.3　三菱 A900 系列触摸屏与西门子 S7-300PLC 连接 …… 201

5.2.4　三菱触摸屏使用 CF 卡技巧 …… 205

第 6 章　威纶触摸式人机界面工程应用 …… 211
6.1　威纶 MT500 系列触摸式人机界面安装与工程创建 …… 211
6.1.1　威纶 MT500 系列触摸式人机界面安装 …… 211
6.1.2　威纶 MT510 系列触摸式人机界面工程创建 …… 213
6.2　威纶触摸屏工程应用技巧 …… 222
6.2.1　串行通信与 PLC 驱动程序 …… 222
6.2.2　MT500 系列触摸式人机界面与 PLC 的一机多屏连接方式 …… 227
6.2.3　MT500 系列触摸式人机界面与 PLC 的一屏多机连接方式 …… 228
6.2.4　MT500 系列触摸式人机界面主-从通信协议 …… 233
6.2.5　MT600/8000 系列触摸式人机界面安装 …… 245
参考文献 …… 258

第 1 章　触摸屏基础知识

1.1　触摸屏技术及发展历程

1.1.1　触摸屏技术

1. 触摸屏

所谓触摸屏，从市场概念来讲，就是一种人人都会使用的计算机输入设备，或者说是人人都会使用的与计算机沟通的设备。概括地说，触摸屏是用手指或其他触摸感应介质直接触摸显示器操作计算机的一种输入设备。它是最友好的计算机用户接口界面。简单易学，人人都会使用，是触摸屏最大的特点，这一点无论是键盘还是鼠标，都无法与其相比。人人都会使用，也就标志着计算机应用普及时代的真正到来。

触摸屏是可接收触摸等输入信号的感应式显示装置，当触摸了触摸屏屏幕上的图形按钮时，触摸屏屏幕上的触觉反馈系统可根据预先编制的程序实现对计算机的操作。触摸屏可取代机械式的按钮面板，并通过显示器画面显示出生动的影音效果。

触摸屏在国民生产、生活中广泛的普及应用，直接刺激着触摸屏技术研发和产品的量产，如今触摸屏已经渗透到了几乎每一个可以想象得到的应用领域。触摸屏是最方便、简单、自然的计算机输入手段，完全不懂计算机的人也可以操作计算机。用户看着显示内容，想选什么就简单地用手触摸一下，通过触摸屏人们可以操作控制系统和查询感兴趣的信息。

随着多媒体信息查询的与日俱增，人们越来越多地应用到触摸屏，触摸屏不仅能满足我国多媒体信息查询的需求，而且具有坚固耐用、反应速度快、节省空间、易于交流等许多优点。利用这种技术，用户只要用手指轻轻地触摸计算机显示屏上的图符或文字就能实现对计算机进行操作，从而使人机交互更为直截了当，这种技术大大方便了那些不懂计算机操作的用户。

触摸屏是最适合信息查询的输入设备，各发达国家都在积极地进行着触摸屏的研发，触摸屏也从低档向高档发展，从红外线式、电阻式发展到电容感应式，现在发展到了表面声波式触摸屏和五线电阻式触摸屏，性能越来越优越，技术越来越先进。例如表面声波式触摸屏，安装的是一块没有任何贴膜覆层的纯玻璃，不论是从清晰度还是从耐用程度上都昭示着触摸屏产品成熟时代的到来。

从触摸屏精度、灵敏度和密闭性上考虑，应选用电容式或电阻式触摸屏。两者均采用电压加在屏幕四角，玻璃屏幕则直接固定在显示器上。电阻式触摸屏的电阻网络密封在屏中来传感触摸的位置，它可以感受到任何物体的触动，电阻式触摸屏相对其他类型的触摸屏，具有可靠性高，适用于各种工业环境。

为了操作上的方便，人们用触摸屏来代替鼠标或键盘。工作时，必须首先用手指或其他物体触摸安装在显示器前端的触摸屏，然后系统根据手指触摸的图标或菜单位置来定位选择信息输入。

触摸屏作为一种最新的计算机输入设备，它是目前最简单、方便、自然的而且又适用于多媒体信息查询的输入设备，这种人机交互方式赋予了多媒体崭新的面貌，是极富吸引力的全新多媒体交互设备。触摸屏在我国的应用领域非常广泛，主要应用于公共信息的查询，如电信、税务、银行、电力等部门的业务查询；城市街头的信息查询；此外还可广泛应用于办公、工业控制、军事指挥、电子游戏、点歌点菜、多媒体教学、房地产预售等。将来，触摸屏还要走入家庭。

触摸屏是最终极的人机交互界面，在一个触摸屏系统内，触摸想要看到的东西，计算机便可实时作出反应。触摸屏将人类行为与计算机反应简单、直接且自然地结合在一起。在工业控制领域使用触摸屏，工人可以控制复杂的工艺；一个从未接触过计算机的人也能够简便地使用触摸屏进行交互操作。在机场、工厂、购物商场、学校和医院内，某些情况下，触摸屏的功能可与计算机相媲美。

随着使用计算机作为信息的来源与日俱增，触摸屏以其易于使用、坚固耐用、反应速度快、节省空间等优点，使得人们感到使用触摸屏具有相当大的优越性。从发达国家触摸屏的普及历程和我国多媒体信息业正处在的阶段来看，触摸屏是一个使多媒体信息或控制改头换面的设备，它赋予多媒体系统以崭新的面貌，是极富吸引力的全新多媒体交互设备。随着城市向信息化方向发展和计算机网络在国民生活中的渗透，信息查询都已用触摸屏实现，显示内容可以触摸的形式出现。

随着科技的日益发展，多媒体设备的不断推陈出新，提高了人们的工作效率和生活质量，也满足了人们越来越多的需求，然而往往因为设备的控制按钮太多、设备分散、功能繁琐而使人们无所适从。于是智能集中控制系统出现，标志着智能现代化的又一大飞越。它通过专用软件预先编程，集中实现了对这些设备的控制功能，只需连接一台有线或无线触摸屏，各种设备的控制便尽在掌控之中。轻点触摸屏上的按钮就可以改变外部环境，诸如关闭窗帘，打开灯光并调节到合适的亮度，打开视听设备的电源，也可以选择某路节目在电视或投影仪的输出，对节目的播放控制，或者对环境音量等进行微调控制等，或对所有被控设备功能实行集中智能控制及管理。

2. 触摸屏系统构成

触摸屏早在多年前已经广泛被用于如工控计算机、POS 端点计算机、手持式 PDA、嵌入式系统等计算机设备，这些应用领域的特点是，多半是应用环境不方便使用键盘、鼠标进行输入，或是根本就是仅需简单的按键输入操作，利用触摸屏就能解决多数的操作需求，待需要进阶操控、微调设定时，再利用键盘、鼠标操作。

触摸屏吸引人的优点在于其外表看似简单的设计，在取代笨重的按钮、轨迹球或传统屏幕后，触摸屏带来一种全新的操作模式。相对于传统机械按钮、滑块、转轮和开关，触摸控制提供了灵活、可靠且高性价比的替代方案。

最新的触摸技术为设计发挥其创造性创造了条件，在设计开发接口时可隐藏或露出按钮或采用其他形态触摸模式。图 1-1 所示为不同触摸传感器的形状和应用。

触摸屏主要结构是由触摸检测部件和触摸屏控制器组成。触摸检测部件安装在显示器面板前面，用于检测用户触摸位置，接收后传送至触摸屏控制器；触摸屏控制器的主要作用是从触摸检测部件上接收触摸信息，并将它转换成触摸坐标，再送给 CPU，它同时能接收 CPU 发来的命令并加以执行。触摸屏无论是在计算机、笔记本电脑，还是在手机等设备中的应用，其系统构成都是一样的，触摸屏通常由以下几部分构成。

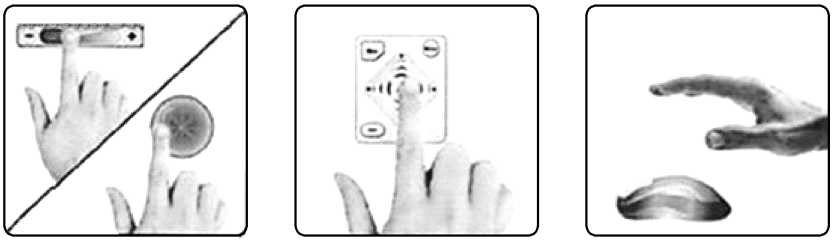


图 1-1　滑块、滚轮、触摸按钮和临近传感应用

（1）前面板或外框

前面板或外框是终端产品的最表层，在某些产品中，该外框将透明的盖板围起来，以免受到外部的恶劣气候或潮湿的影响，也防止下面的传感产品受到刻划以及破坏。也有些时候，最外面的框只是简单地覆盖在触摸传感器的上面，这种情况下仅仅是一个装饰。

（2）触摸控制器

通常，触摸控制器是一个小型的微控制器芯片，它位于触摸传感器和 PC 或嵌入式系统控制器之间。该芯片可以装配到系统内部的控制器板上，也可以粘贴到玻璃触摸传感器上的柔性印制电路（FPC）上。触摸控制器将接收来自触摸传感器的信息，并将其转换成 PC 或嵌入式系统控制器能够理解的信息。

（3）触摸传感器

触摸传感器是一个带有触摸响应表面的透明玻璃板，该传感器被安放到显示器上面，使得面板的触摸区域能覆盖显示屏的可视区域。如今市场上有许多种不同的触摸传感技术，各自都采用不同的方法来检测触摸输入。基本上，这些技术都是在触摸时，使电流流过面板，从而产生一个电压或信号的变化。这个电压变化将被触摸控制器接收，从而确定屏幕上的触摸位置。

（4）显示器

绝大多数的触摸屏都可以用于传统的显示器上，用于触摸产品的显示器选择方法与传统系统中基本相同，包括分辨率、清晰度、刷新速度、成本等。但在触摸屏中的另一个主要的考虑是辐射电平，由于触摸传感器检测面板被触摸所产生的微小电信号变化，易受显示器辐射的电气噪声干扰，所示显示器和触摸屏的抗干扰设计是系统设计的关键点。

（5）系统软件

触摸屏系统软件可以来自原厂商（如手机中的嵌入式操作系统），也可以是后来加装的软件（像在传统 PC 上加一个触摸屏）。该软件应能使触摸屏和系统控制器一起工作。它将告诉产品的操作系统如何解析来自触摸控制器的触摸事件信息。在 PC 应用系统中，绝大多数触摸屏的操作像一个鼠标。这就使得在触摸屏的屏幕上的某一位置触摸与连续按鼠标非常相似。在嵌入式系统中，嵌入式控制器必须将出现在屏幕上的信息与接收到触摸的位置进行比对。

就电子产品而言，用户界面设计一方面要考虑到用户视觉、听觉、味觉、嗅觉和触觉等 5 种感官的需求，另一方面还要考虑到用户需求对器件或系统的影响。目前市场上推出的大部分产品都是将用户的视觉和触觉分开来处理。

从计算机键盘、手机键盘、MP3 播放器、家用电器甚至电视遥控器等的简单按钮或按键，到音量调节滑条、滚轮和跟踪板等的更高级的单击和滚动特性，输出位置（也就是用

户的输入或操控动作的结果）与用户的输入位置是截然不同的。要是能让输入和输出，即视觉和触觉完全达到一致，而这种视觉和触觉的一致性正是触摸屏的优势所在。

虽然大多数人利用视觉与听觉与计算机交互，但某些情况下，最适合使用的还是触觉。今天，计算机技术正越来越多地认识到这一点，并开始采用触觉技术。触觉在希腊语中的意思是“抓或摸”，这里是指设备产生可被感觉到（而不是被看到或听到）的输出的能力。触觉输出通常是力或振动，触觉也可用于提高数据的可视化程度，使用户能浏览海量数据，并提供一个额外的通信渠道。

触觉的两类重要应用是虚拟现实和远程操作，尽管触觉在计算机游戏中的使用率很高，但它也同样可以应用于工业控制领域中。例如，触觉让使用者能触摸和感觉到计算机辅助设计（CAD）、计算机辅助制造（CAM）及类似系统中的对象。探针可向设计软件发送数字反馈信号，而所有电子操控与制动系统则能为操作者提供实际的反馈，从而避免了直接连接或动力辅助机械连接环节的重量与复杂性。

触觉最简单的示例或许就是一个旋钮，类似于调谐收音机的旋钮。通过在电动机或制动单元上配备这种旋钮，就可能拥有各种制动装置、硬性制动甚至弹性制动，并且所有这些功能都可根据需要更改。

触觉鼠标提供力、振动或同时提供两者，作为软件对用户输入的响应。从游戏到理疗，它们的应用非常广，且目前正在研究供盲人使用的作为计算机输入设备的触觉鼠标。以这种方式使用鼠标的一个问题是，必须具备跟踪绝对位置的某些措施；设计使用杆或绳连接到底座。

在三维领域中，触觉相当于“逆向机器人技术”。机器人允许虚拟世界（软件）操纵真实的对象；而触觉设备则允许人们操纵虚拟的对象，并感觉其仿佛是真实存在的。例如，用户握住连接到武器系统的手柄等（某些系统使用手套或“套环”装置）。

触觉设备可为三自由度（3DOF），分别传感 X 轴、Y 轴和 Z 轴；或六自由度，还可传感转动、倾斜和摇摆（自由度表示一个变量或空间中可用的选项数）。系统检测手柄位置，并通过内置电动机和制动器向用户提供力和振动。当光标遇到虚拟对象时，操作者会感觉到阻力，可能是硬的（对于坚硬的物体）、软的或是有弹性的。适当时手柄还会发生振动，例如，模拟用户将探针在粗糙表面上滑动的感觉等。

让视觉和触觉完全达到一致说起来简单，但做起来则是意义深远的技术突破，其将彻底改变用户与电子产品互动的方式，因此有人将此称为用户界面的革命。

最近触觉被结合到触摸屏中，传统触摸屏可以将控制输入放在屏幕表面上的任何位置，而触觉则使用户真正感觉到它们。按下一个按钮，用户将感觉到按钮的动作（并通常可听到“咔嗒”声）。虚拟按钮可以是任何尺寸和形状，并可位于屏幕上的任何位置，其对触摸的响应方式也多种多样。

触感的产生方式有几种，也许最直接的一种就是在显示屏上建立一个活动的凸块阵列，这样表面将具有实际所需的形状。尽管这种方法很有效，但它既复杂又昂贵。更简单的方法是在屏幕的每个角上都放置一个电磁执行机构，在触摸屏覆盖层上产生受控的侧向移动。研究表明，关键参数不是移动距离而是加速度，因此实际仅需要移动 0.1 ~ 0.2mm，从而有可能让显示器密封符合 NEMA4 标准。

因为用户再也不用去找电子设备周边的这个或那个按钮，如计算机鼠标或键盘甚至手机上的拨号按键，而是直接与固化在设备“大脑”（即其操作系统）中的应用进行互动。这是

一场革命性的变化，这种操控方式可让用户直接掌控强大的操作系统和应用程序，一切尽在用户的指尖上。

在计算机屏幕上使用鼠标和跟踪板访问应用程序，这种操控不是直接触摸显示屏，不能让用户与屏幕及内嵌的应用融为一体。实际上，通过所能想象出来的各种动作或手势来使用触摸屏，让显示屏变得鲜活生动，只要眼睛看到的，都能简单地通过触摸进行互动。目前触摸屏主要分为 3 大类：单点触摸、多点触摸识别手指方向、多点触摸识别手指位置。

关于多点触摸，投射电容式与光学式均支持这种功能。另外，在一直难以实现多点触摸的电阻式及表面声波式方面，也出现了支持这种功能的技术。在电阻式方面，法国 Stantum 公司采用数字及矩阵技术开发出了支持 10 点以上输入的电阻式触摸屏。在表面声波式方面，Touch panel Systems 公司已将支持 2 点触摸的表面声波式触摸屏产品化。

根据各种触摸屏的特点，可分别将其用于不同的产品，比如手写输入的便携式游戏机及电子记事本采用电阻式，支持多点触摸的便携终端采用电容式，使用 20in[㊀]左右屏幕的售票机及个人计算机采用光学式，要求耐久性、支持大屏幕及高分辨率的公共信息终端采用表面声波式等。

不过，上述各方式的进步速度惊人，并逐步实现了数年前不可能实现的特性。不拘泥于以往的“常识”，及时掌握最新的技术进展情况及开发动向将是灵活运用触摸屏的关键。从技术原理角度来讲，触摸屏是一套透明的绝对定位系统，它有以下特点：

1）必须保证是透明的。触摸检测装置是在显示屏的上面，首先它必须保证是透明的，因此必须解决材料的透明问题，所以其透光率以及其抗眩抗反射的特性也相对重要。目前最好的透光材料是玻璃，但当光线穿过时，玻璃的两个表面将分别反射 3% 的光，即单层玻璃的最大透光率为 94%，这就使得到达人眼的光线受到了损耗。

电容式触摸屏要做到高透光及抗眩光并不容易，一般只有 85% 的透光率，而且抗眩的效果也不佳。但新一代电容式触摸屏的透光率为 91.5%，在其表面有抗眩抗反射处理。与电阻式触摸屏比起来，电容式触摸屏让整个视觉亮了起来，整个视觉质感也提升不少，触摸屏的制造商也不必去改造显示器把亮度提高，节省了许多成本。

2）绝对坐标，手指摸哪里就是哪里，不需要第 2 个动作。不像鼠标，是相对定位系统，触摸屏不需要光标，有光标反倒影响用户的注意力，因为光标是给相对定位设备用的，相对定位设备要移动到一个地方首先要知道现在在何处，往哪个方向去，每时每刻还需要不停地给用户反馈当前的位置才不至于出现偏差。这些对采取绝对坐标定位的触摸屏来说都不需要。其次就是能检测手指的触摸动作并且判断手指位置，各类触摸屏技术就是围绕检测手指触摸而研发的。

作为人机交互界面，触摸屏没有真实的操作手感，不能像真实存在的键盘那样对按下动作具有力反馈反应。这是现在困扰着设备厂商最大的问题，如何解决触摸屏没有真实操作手感的问题。各设备厂商都在做着相应的探索，摩托罗拉公司在 V8 翻盖手机的触摸操作中加入了作为反馈用户操作成功的振动功能，苹果公司在苹果电脑上面通过改进屏幕物理结构实现力反馈，估计技术成熟后也会在手机或者 MP3 等设备上应用。

触摸提供了真实的互动方式，界面中元素的移动、滑行和旋转等动态效果也符合物体运

㊀ 1in = 0.254m。

动规律。但是现在新技术的应用并非完美，也存在以下一些问题：

1）难以微操作。手指无法点击较小的控件，鼠标指针可以精确到1像素，而手指的指尖或者指肚决定了触摸的精确度。

2）难以输入。有限的触摸空间、难以改变光标位置和虚拟键盘的调用等问题使得大段的文本输入较为困难。

3）难以点击屏幕的边缘区域。当单手握住触摸屏手机时，以大拇指为圆心，大拇指指长为半径在手机屏幕上的约1/4圆环区域最容易点击，离此区域越远，越难以点击。

相信触摸屏技术的高速发展会让人们更多地体会到它的优点，得到更多方便。至于缺点，也会在发展过程中慢慢优化。

1.1.2 触摸屏发展历程

触摸屏是一种与计算机交互最简单、最直接的方法，诞生于1970年，是一项由EloTouch Systems公司首先推广到市场的新技术，但它却是人们最基本的交互方式。早期多被用于工控计算机、POS终端等工业或商用设备中。

20世纪70年代，美国军方首次将触摸屏（Touch Panel）技术应用于军事用途，此后，该项技术逐渐向民用转移，并且随着网络技术的发展和互联网应用的普及，新一代触摸屏技术和产品相继出现，其坚固耐用、反应速度快、节省空间、易于交流等许多优点得到大众的认同。目前，这种最为轻松的人机交互技术已经被推向众多领域，除了应用于个人便携式信息产品（如使用手写输入技术的PC、PDA、AV等）之外，应用领域遍及信息家电、公共信息（如电子政务、银行、医院、电力等部门的业务查询等）、电子游戏、通信设备、办公自动化设备、信息收集设备及工业设备等。

1971年，美国Sam Hurst博士发明了世界上第一个触摸传感器。虽然用这个传感器制作的触摸屏并不很清晰，但这却是人类研究触摸屏技术的开端。1973年，这项技术被美国《工业研究》评选为当年100项最重要的新技术产品之一。在随后的近40年间，触摸屏已经派生出了红外线式触摸屏、电阻式触摸屏、表面声波式触摸屏和电容式触摸屏等几种。

触摸屏从诞生起就受到人们的关注。在1982年美国田纳西州的Knoxville公司在世界交易会上的美国馆中，第一次展出了33台使用新式透明触摸敏感控制板的电视机，对很多人来说，这是第一次观看和使用触摸屏。

1991年，触摸屏进入我国，当时只是代理国外的红外式和电容式触摸屏产品。1993年我国红外式触摸屏技术基本成熟，在这期间，逐渐产生了触摸自助一体机Kiosk的雏形。触摸屏技术在我国的应用虽然只有20多年的时间，但是它已经成了继键盘、鼠标、手写板、语音输入后成为被普通人最易接受的计算机输入方式。因为利用这种技术，用户只要用手指轻轻地触碰计算机显示屏上的图符或文字就能实现对主机操作，从而使人机交互更为直截了当，这种技术极大方便了用户，非常适合多媒体信息查询。同时，这种人机交互方式赋予了多媒体崭新的面貌，是极富吸引力的全新多媒体交互设备。1996年，诞生了我国第一台自主开发的触摸自助一体机。

2007年iPhone手机的推出，成为触摸屏行业发展的一个里程碑。苹果公司把一部至少需要20个按键的移动电话，设计得仅需三四个按键，剩余操作则全部交由触摸屏完成。除赋予了使用者更加直接、便捷的操作体验之外，还使手机的外形变得更加时尚轻薄，增加了人机直接互动的亲切感，引发消费者的热烈追捧，同时也开启了触摸屏向主流操控界面迈进

的征程。

随着计算机技术和网络技术的发展，触摸屏现在已广泛应用在销售点 POS 自助服务机、信息查询设备、娱乐设备、以计算机为基础的训练和仿真、医疗设备、移动和手持式系统、工业控制设备、办公自动化设备、信息家电等各个领域，它已渗透到人们生活的各个方面。

目前，触摸屏应用范围已变得越来越广泛，从工业用途的设备控制、操作系统、公共信息查询的电子查询设施、商业用途的提款机，到消费电子的移动电话、PDA、数码相机等都可看到触摸屏的身影。当然，这其中应用最为广泛的仍是手机。根据调研机构 ABIResearch 的报告指出，2008 年采用触摸屏的手机的出货量将超过 1 亿部，预计 2012 年采用触摸屏的手机出货量将超过 5 亿部。

有迹象表明，触摸屏在消费电子产品中的应用范围正从手机屏幕等小尺寸领域向具有更大屏幕尺寸的笔记本电脑拓展。目前，戴尔、惠普、富士通、华硕等一线笔记本电脑品牌厂商都计划推出具备触摸屏的笔记本电脑或 UMPC。当然，目前关于配备触摸屏的笔记本电脑是否能从 10in 以下的低价笔记本电脑或 UMPC，扩大到 14in 以上的主流笔记本电脑市场，业界仍存争论。因为对于主流笔记本电脑或台式机来说，消费者多已习惯了使用键盘及鼠标进行输入，不像小尺寸笔记本电脑，因其可容纳的键盘数量有限，需触摸屏加以辅助，达到更直观的人机沟通目的。

微软公司正式推出 Windows7 操作系统带起 PC 市场多点触摸需求，并联合多家 PC 业者展出新款触摸计算机产品，纷纷推出多点触摸桌上计算机及笔记本电脑，多家业者认为触摸屏市场未来的发展前景也十分诱人。同步展示 Windows7 触摸计算机的业者包括宏碁、华硕、惠普、微星等，利用 Windows7 操作系统支持多点触摸，设计出触摸桌上计算机、笔记本电脑产品，将手机市场盛行的触摸应用带入 PC 市场。

目前的触摸计算机以 All in one 桌上型计算机为主，业者也推出少数几款多点触摸笔记本电脑测试市场反应。由于 Windows7 操作系统直接支持多点触摸应用，相较一般触摸计算机仅支持单指在屏幕操作，多点触摸计算机可以两指翻转照片、涂鸦、写字、调整视窗操作等。

目前来看，多点触摸计算机以 Windows7 操作系统搭配多点触摸屏幕，配备较高的硬件规格，至于少数业者推出的多点触摸笔记本电脑，则锁定 12in 以下机种，采用平板计算机设计，借助多点触摸让平板计算机的操作更直觉化。

目前，各家触摸屏厂商推出供 Windows7 操作系统搭配的多点触摸解决方案，主要包括投射式电容、改良电阻式以及光学感应技术等。

由于 Windows7 操作系统主打的功能特色在于多点触摸，因此目前推出搭配的触摸屏技术均以具备多点触摸为主，过去虽然投射式电容技术在多点触摸方面的表现最受瞩目，不过由于其发展过程中大尺寸仍有相当高的门槛，因此现阶段实际可量产的供应商有限，且价格也偏高。

1.2　触摸屏原理及特性

1.2.1　触摸屏原理

触摸屏的本质是传感器，触摸屏的基本原理是用手指或其他物体触摸安装在显示器前端

的触摸屏时，所触摸的位置（以坐标形式）由触摸屏控制器检测，并通过接口（如 RS-232 串行口）送到 CPU，从而确定输入的信息。

触摸检测装置一般安装在显示器的前端，主要作用是检测用户的触摸位置，并传送给触摸屏控制器。当手指或其他介质接触到屏幕时，依据不同感应方式，检测电压、电流、表面声波或红外线等，以此测出触压点的坐标位置，并将坐标位置信息传送给 CPU。它同时能接收 CPU 发来的命令并加以执行。

典型电阻式触摸屏的工作部分一般由 3 部分组成，如图 1-2 所示，两层透明的阻性导体层、两层导体之间的隔离层、电极。阻性导体层选用阻性材料，如采用铟锡氧化物（ITO）涂在衬底上构成，上层衬底用塑料，下层衬底用玻璃。隔离层为粘性绝缘液体材料，如聚酯薄膜。电极选用导电性能极好的材料（如银粉墨）构成，其导电性能大约为 ITO 的 1000 倍。

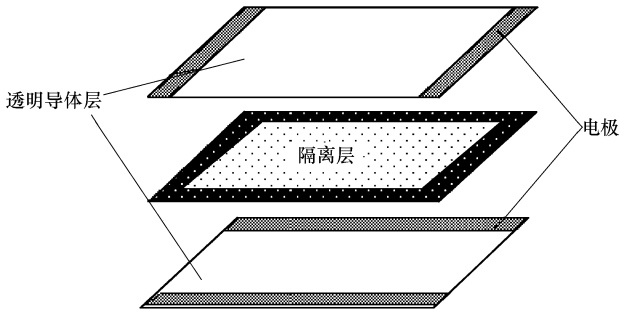


图 1-2　触摸屏结构

电阻式触摸屏工作时，上下导体层相当于电阻网络，如图 1-3 所示。当某一层电极加上电压时，会在该网络上形成电压梯度。如有外力使得上下两层在某一点接触，则在电极未加电压的另一层可以测得触摸处的电压，从而知道触摸处的坐标。比如，在顶层的电极（$X+$，$X-$）上加上电压，则在顶层导体层上形成电压梯度，当有外力使得上下两层在某一点接触，在底层就可以测得触摸处的电压，再根据该电压与电极（$X+$）之间的距离关系，知道该处的 X 坐标。然后，将电压切换到底层电极（$Y+$，$Y-$）上，并在顶层测量触摸处的电压，从而知道 Y 坐标。

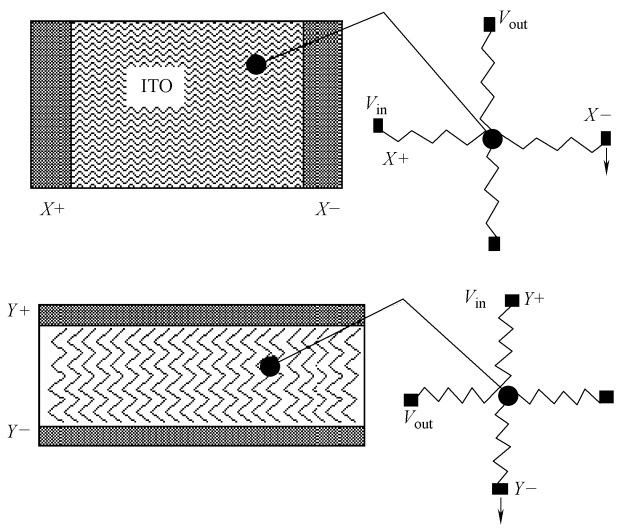


图 1-3　触摸屏下导体层的电阻网络

触摸屏简单地讲就是输入和输出合二为一，不再需要机械按键或滑条，显示屏就是人机接口。图 1-4 所示为感应电容触摸屏结构图，其由显示器、触摸屏、触摸屏控制器、主 CPU

构成，触摸屏和触摸屏控制器是整个模组的核心。

触摸屏模组示意图如图 1-5 所示，从上到下依次是①表面护罩、②覆盖层、③掩膜层与标示层、④光学胶、⑤第 1 层感应单元与衬底、⑥光学胶、⑦第 2 层感应单元与衬底、⑧空气层或光学胶、⑨LCD 显示屏。

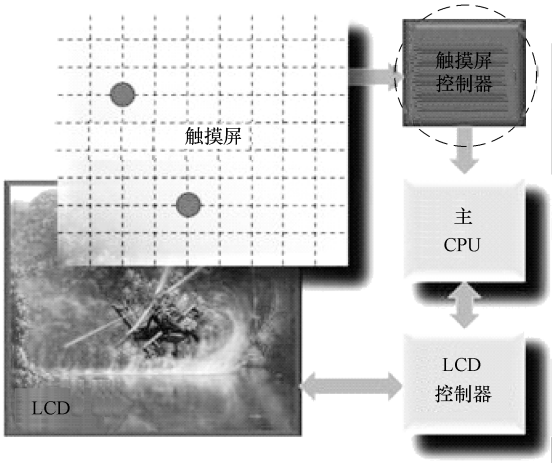


图 1-4　感应电容触摸屏结构

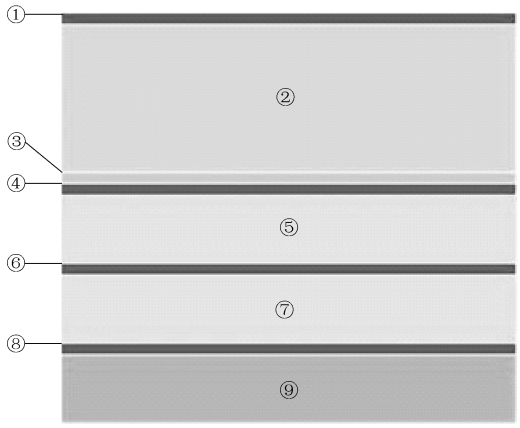


图 1-5　触摸屏模组示意图

表面护罩厚度通常小于 100μm，所有塑料覆盖层上面都需要硬护罩，这是因为手指触摸会划伤塑料表面，如果覆盖层是玻璃，可以不需要表面护罩，但玻璃必须经过化学加强或淬火处理，表面护罩需要与覆盖层进行光学匹配，以免光损失过多。

覆盖层厚度通常为 0 ~ 3mm，并不是所有的触摸屏都需要覆盖层，覆盖层越薄，越可以获得更高的信噪比和更好的感应灵敏度。常用材料有聚碳酸酯、有机玻璃和玻璃。

第 3 层是掩膜层与标示层，它的厚度大约是 100mm。掩膜层位于覆盖物的下面，可以隐藏布线和 LCD 的边缘等。在设计中允许增加标示性文字或图标，不过标示物必须相当平整地压在 ITO 的衬底上，而且标示物材料应该是非导电的。

第 4 层是光学胶，厚度约为 25 ~ 200mm。光学胶越薄，信噪比越好，高介电常数的光学胶可有更好的感应手指电容，从而也能获得更高的信噪比。通常采用压敏胶。

第 5 层为感应单元与衬底，ITO 涂层的厚度小于 100nm，ITO 涂层衬底通常为 100μm ~ 1mm 的玻璃或是 25mm ~ 300mm 的 PET 薄膜。越厚的 ITO，单位面积电阻越低，信噪比越好；越薄的 ITO，透光率越好。如果 ITO 做在玻璃衬底的下表面，玻璃衬底可以作为表面覆盖物。

第 6 层又是一层光学胶，与前一层光学胶比较，这一层光学胶越厚信噪比越好，这一层光学胶通常与异向导电胶结合使用。

第 7 层也是感应单元与衬底，它与第 1 层衬底的材料相同，但薄膜与玻璃不能混合使用。如果 ITO 在衬底上表面，厚的衬底可以获得更高的信噪比；如果 ITO 在衬底下表面，薄的衬底使信噪比更高。同样在边缘区域要求采用异向导电胶。现在已有单衬底工艺来简化生产和降低成本。

第 8 层是空气层或光学胶，空气的介电常数等于 1，这可以减小来自 LCD 上表面的寄生电容。假如使用光学胶，可以使安装更坚固。需要使光学参数匹配以使得光损失更小，需要选择低介电常数的光学胶，还要保证 ITO 感应单元与 LCD 上表面之间的距离最小（250mm）。

最后是 LCD 显示屏，对于触摸屏设计来说，它是一个噪声源，噪声来自于背光、LCD 像素的驱动控制信号，通常不采用被动点阵屏，这会在 LCD 的正面产生高压信号，尽量使用带 V_{com} 的有源点阵屏，这可构成虚地或屏蔽功能。如果确实需要采用被动点阵屏，需要在触摸屏中再增加一个 ITO 屏蔽层，屏蔽层必须接地，以去除寄生电容 C_P 的影响。涉及触摸屏技术的部件共有 5 个：

1）触摸感应器。有电容式、电阻式、表面声波式、红外式等。

2）显示器。可以安装触摸感应器的阴极射线管（CRT）、LCD 或等离子显示器。

3）控制器。可以使触摸感应器像其他外设一样工作。

4）软件驱动程序。实现控制器和计算机操作系统之间的通信，并协助控制器对输入进行识别。

5）与触摸屏相连的计算机（通常为 PC），以运行终端用户在访问时选择的选项。

6）软件应用程序。能够针对特定应用开发新的或定制已有的触摸应用程序。

1.2.2 触摸屏特性

1. 透明性能

触摸屏是由多层的复合薄膜构成，透明性能的好坏直接影响到触摸屏的视觉效果。衡量触摸屏透明性能除了要从它的视觉效果来衡量，还应该从四个特性：透明度、色彩失真度、反光性和清晰度来衡量。

在没有完全解决透明材料技术之前，或者说还没有低成本很好地解决透明材料技术之前，多层复合薄膜的触摸屏在各波长下的透光性还不能达到理想的一致状态，如图 1-6 所示。

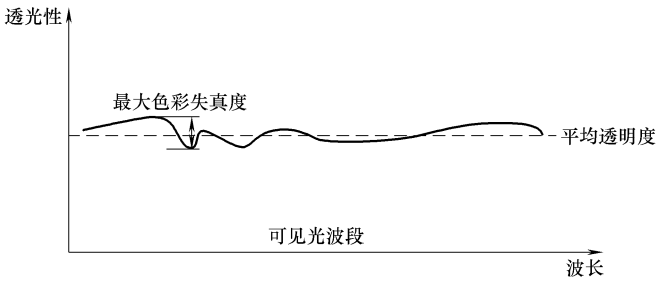


图 1-6 触摸屏透光性

1）透明度。平常所说透明材料的透明度也只是平均透明度，透明材料的平均透明度越高越好。

2）色彩失真度。色彩失真度也就是图中的最大色彩失真度，色彩失真度越小越好。

3）反光性。反光性主要是指由于镜面反射造成图像上重叠身后的光影，如人影、窗户、灯光等，反光是触摸屏带来的负面效果，越小越好，它影响用户的浏览速度，严重时甚至无法辨认图像字符，反光性强的触摸屏使用环境受到限制，现场的灯光布置也被迫需要调整。大多数存在反光问题的触摸屏都提供另外一种经过表面处理的型号：磨砂面触摸屏，也叫防眩型触摸屏。防眩型触摸屏反光性明显下降，适用于采光非常充足的大厅或展览场所，不过，防眩型触摸屏的透光性和清晰度也随之有较大幅度的下降。

4）清晰度。有些显示器加装触摸屏之后，字迹模糊，图像细节模糊，整个屏幕显得模模糊糊，看不太清楚，这就是清晰度太差。这是由多层薄膜结构触摸屏的薄膜层之间光反复反射折射而造成的，此外防眩型触摸屏由于表面磨砂也造成清晰度下降。清晰度不好，眼睛容易疲劳，对眼睛也有一定伤害，选购触摸屏时要注意判别。

2. 绝对坐标系统

传统的鼠标是一种相对定位系统，只与前一次鼠标的位置坐标有关。而触摸屏则是一种

绝对坐标系统，要选哪里就直接点击哪里，与相对定位系统有着本质的区别。触摸屏与鼠标这类相对定位系统的本质区别是一次到位的直观性，触摸屏在物理上是一套独立的坐标定位系统，每次触摸的数据通过校准数据转为屏幕上的坐标。绝对坐标系统的特点是每一次定位坐标与上一次定位坐标没有关系，不管在什么情况下，触摸屏这套坐标在同一点的输出数据是稳定的。不过由于技术原理的原因，并不能保证同一点触摸每一次采样数据都相同，那么触摸屏就不能保证绝对坐标定位，这就是所谓的漂移问题。在技术原理上凡是不能保证同一点触摸每一次采样数据相同的触摸屏都免不了出现漂移问题，但对于性能质量好的触摸屏来说，漂移现象出现得并不是很严重。目前，有漂移现象的只有电容式触摸屏。

3. 检测与定位

各种触摸屏技术都是依靠传感器来工作的，甚至有的触摸屏本身就是一套传感器。各自的定位原理和各自所用的传感器决定了触摸屏的反应速度、可靠性、稳定性和寿命。触摸屏的传感器方式还决定了该触摸屏如何识别多点触摸，如超过一点的同时触摸，如有人触摸时接着旁边又有人触摸。这是触摸屏使用过程中经常出现的问题，最理想的方式是，超过一点的同时触摸谁也不判断，一直等到多点触摸移走，有人触摸接着又有人触摸应该是分先后判断，当然是要在技术上可行。

4. 分辨率

触摸屏的分辨率是指将屏幕分割成可识别的触摸数目，通常用水平和垂直方向上的触摸数目来表示，如 32 × 32。有的人认为触摸屏的分辨率越高越好，其实并非如此，在选用触摸屏时应根据具体用途加以考虑。采用模拟量技术的触摸屏分辨率很高，可达到 1024 × 1024，能胜任一些类似屏幕绘画和写字（手写识别）的工作。而在多数场合下，触摸屏技术的应用只是让人们用手触摸来选择软件设计的“按钮”，没有必要使用非常高的分辨率。例如，在 14in 显示器上使用触摸屏时，显示区域的实际大小一般是 25cm × 18. 5cm，一个分辨率为 32 × 32 的触摸屏就能把屏幕分割成 1024 个 0. 78cm × 0. 58cm 的触点，0. 78cm × 0. 58cm 这样一个触点就已经足够了。

1. 3　触摸屏分类及性能比较

1. 3. 1　触摸屏技术的类型

1. 触摸屏技术分类

按照触摸屏的工作原理和传输信息的介质，可以把触摸屏分为 4 种，分别为电阻式、电容式、红外式以及表面声波式。每一类触摸屏都有其各自的优缺点，要了解哪种触摸屏适用于哪种场合，关键就在于要掌握每一类触摸屏的工作原理和特点。

从技术原理来区别触摸屏，可分为 5 个基本种类：矢量压力传感技术触摸屏、电阻技术触摸屏、电容技术触摸屏、红外线技术触摸屏、表面声波技术触摸屏，其中矢量压力传感技术触摸屏已退出历史舞台。

（1）电阻式触摸屏

电阻式触摸屏由压力接通触摸屏上下两层电阻网络，由电阻分布决定压力点的位置。目前市场上有 4 线式、5 线式、6 线式、7 线式、8 线式各种组合，各类均有其优缺点，但以 4 线式及 5 线式最为普及。电阻式技术原理简单、门槛低、定位准确，上下游整合完整，但无