

液晶显示应用丛书

最新液晶显示应用

李维谔 郭强 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

液晶显示应用丛书

最新液晶显示应用

李维谔 郭 强 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · **BELJING**

内 容 简 介

本书是《液晶显示应用丛书》的最后一部。主要内容：液晶显示应用技术发展趋势；液晶显示新器件；提高液晶显示功能的新技术；液晶显示新工艺技术；新液晶显示背光源技术；投影和其他光学系统；液晶显示器的选购，保养与维修；新液晶显示应用大观；其他应用配套技术；液晶显示控制器的发展，TFT 液晶显示控制电路，双稳态液晶显示器的驱动与控制；液晶显示控制器的设计方法；国产多功能液晶显示控制器；液晶显示器件与模块的设计与定制；液晶显示 DIY 制作。

本书及《液晶显示应用丛书》可为液晶显示应用、单片机、工控领域技术人员的必备读物，也可作为大专理工院校的教学参考书，还可作为专业培训教材。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有，侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

最新液晶显示应用/李维谔, 郭强编著. —北京: 电子工业出版社, 2006.10

(液晶显示应用丛书)

ISBN 7-121-03196-5

I. 最… II. ①李…②郭… III. 液晶显示器 IV. TN141.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 111782 号

责任编辑：杨逢仪

印 刷：北京市李史山胶印厂
装 订：

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本：787×1092 1/16 印张：28.75 字数：736 千字

印 次：2006 年 10 月第 1 次印刷

印 数：5 000 册 定价：48.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系电话：(010) 68279077；邮购电话：(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：(010) 88258888。

反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为；歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010) 88254396；(010) 88258888

传 真：(010) 88254397

E-mail: dbqq@phei.com.cn

通信地址：北京市万寿路 173 信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036

序

时间飞驰,液晶显示在中国已经经历了三十个年头,从上个世纪 70 年代中期起清华大学、长春物理所、北京大学、上海有机所等一批科研院所以实验室开始,历经北京显示器件厂,北京电子管厂,上海电子管厂的开拓,以及以后深圳天马微电子公司为代表的国内大规模 TN,STN 液晶显示产业的建立,直至目前北京京东方集团、上海上广电集团的 TFT 五代线的建立,开始形成了珠三角、长三角和环渤海三大液晶显示产业基地。中国液晶显示产业走过了曲折、艰难而又令人振奋的历程。

液晶显示产业基地的建立、发展是靠理论创新、科研开发、生产实践,推广应用多方面的努力实现的。其中应用技术不仅推动了液晶显示的推广普及而且是液晶显示产业基地建立、发展的致关要素。

本套《液晶显示应用丛书》的《液晶显示应用技术》,《液晶显示应用手册》和这最后一本《最新液晶显示应用》已经全部出齐。祝贺作者为中国液晶显示产业的发展做出了贡献。他们为中国液晶显示产业的发展立下了功劳,他们的工作普及推广了液晶显示在我国的应用,他们的著作已经成为引领无数有识之士投身液晶显示行业的启蒙教材和入门向导。

中国液晶显示产业的发展,现在已经进入了一个全新的时代,新的时代要求在产业主体上要具有更新的观念 and 创新能力,在推广应用上要有更高的水平,更大的力度和多层次的普及。只有如此才能在全球一体化的市场竞争中 立于不败之地。

电子工业出版社和作者慧眼识珠,选择和策划了这样一套丛书。作者又历经十年“衣带渐宽终不悔”的努力,收集整理,编辑完成了这样一套系统完整的应用丛书,实在令人敬佩。其无私奉献的精神,广博的知识,辛勤的劳动更是令人感动。

《最新液晶显示应用》是本书的第三部,也是本套丛书的最后一部。它是近年来液晶显示技术和液晶显示应用技术发展的完整记录。其内容翔实,观点科学,实用性极强。它一定会给广大读者在液晶显示应用方面提供很大的帮助和启发。是液晶显示应用领域不可多得的一部实用技术教材和参考书籍。

我国目前有关液晶显示应用技术方面的书籍很少。我们希望今后能有更多的专家学者参与这一工作,一个再好的液晶显示产品,只有得到最广泛的应用才能给人类带来更加美好的未来。

祝作者完成了一件伟大而有意义的工作,也祝贺作者和读者为中国液晶显示产业的发展做出更大的贡献。

刘培正

2005.12

前 言

液晶显示在中国已经有三十余年的发展历史。从初期的实验室到今天形成的庞大产业部门，走过了艰辛而又令人兴奋的历程。

液晶显示已经成为众多产品的领军角色。

作者深感在液晶显示产业发展中，既要有强大的科研、开发、生产的专业队伍，又要有广泛的富于创新激情的应用群体。像任何高新技术一样，液晶显示产业也需要各行各业的配合，需要千千万万应用者的支持和开拓。

为此，在电子工业出版社的支持和策划下，在广大读者的要求和鼓励下我们决定编纂一套“液晶显示应用丛书”。

该丛书包括以说明和讲解为主的《液晶显示应用技术》和以资料汇编为主的《液晶显示应用手册》，以及由介绍和综合整编为主的《最新液晶显示应用》三部曲。已陆续出版，每册独立成书。

本书面向的读者是广大液晶显示应用领域和使用液晶显示器件的人员以及初学入门者。因此我们将尽量避免局限过于专业的理论和制造工艺方面的问题，只侧重于应用和使用中的有关内容。

本书真正的作者是那些在液晶显示产业的发展和应用上日夜辛劳的同行，朋友，老师和前辈们，是他们开拓性的工作丰富了本书的内容。我们将以此书献给他们，献给我国蓬勃发展的液晶显示产业。

1999年本套丛书的第一部《液晶显示应用技术》面世，2002年第二部《液晶显示应用手册》问世，最后一部《最新液晶显示应用》现在又和大家见面了。时间飞驰，液晶显示技术的发展令人目眩。过去令人心烦的窄视角和低对比度，今天竟然可以实现 170° 以上的视角和5000:1的对比度。过去令人神往，可望而不可及的大屏幕，现在也可以达到几十英寸的水平。当年， 640×480 的像素数已经被人追捧，而今， 1920×1280 的像素数竟然可以制作在1平方英寸以下的器件上……又有谁不被这些成就所震惊。

液晶显示技术发展虽然成绩斐然，但其历程艰难，历经磨难，它是在各种平板显示技术群雄奋起的争霸战中杀出来的，是在市场的较量中成长发展的。时至今日，也没有一个业内人士敢掉以轻心，妄言液晶显示已经夺取了王位，大家都在兢兢业业，呕心沥血不断创新，开拓，正是这样的努力，才换来了今天液晶显示发展的每一步前进和成果。

本书虽称“最新液晶显示应用”，但实际上仅能反映近年来液晶显示应用技术成果的一斑而已，至多不过是液晶显示应用技术发展长河中翻腾的一段激流。我们相信，今后还会有更加精彩的洪流。

本书遵循以下编写原则：

- 选取前两部丛书中未被录取的新技术，新知识，新成果。
- 弥补前两部书中的不足和遗漏。
- 扩展配件和配套技术及相关的应用技术。
- 综合编写和介绍更多的实用化技术和成果，以利于推广的深度和广度。

- 增添更多的实用化技术，直至 DIY 技术，以帮助读者自己动手，深入实践。
- 保持全书自成体系，与前两本互补，共同组成一套完整的液晶显示应用丛书。

本书是“液晶显示应用技术”的继续，但不是“液晶显示应用技术”的续编，本书独立成章，自成体系。全书结构基本包括器件知识，配套技术，应用电路，应用成果，实用技术等部分，力求涵盖近年来液晶显示和液晶显示应用诸方面的成果和进步。考虑到全书的完整性和独立性，有些前两部书中的内容可能不得不提，但为了不至于重复，本书仅能点到为止，更多基础内容可能还需参考前两部书的内容。

作者在本书中增加了部分实用技术，是希望以此提高读者的实践动手能力。作者希望本书不仅能提供给读者一些新知识，新技术，更希望能为读者提供一些解决问题，分析问题的新观念，新思路。还希望以此举一反三，有所启发。

本书共分 16 章，绪论和第 1 章综述了液晶显示技术和液晶显示应用技术的发展概况，希望以期找出其发展规律。第 2 至第 4 章介绍了近年来液晶显示器件和液晶显示应用方面的新知识，新技术，新成果。第 5, 6, 7 章全面介绍了液晶显示应用中背光源、投影光学和电源方面的最新技术，配套材料和配套技术。第 8 章为使用液晶显示的用户介绍了选购有关液晶显示产品和维修保养方面的常识。第 9 章汇编和介绍了最新液晶显示应用的几大重点成果。第 10 至第 14 章分别介绍了 TFT 彩色液晶显示的驱动控制电路以及具有特殊性能的双稳态液晶显示的外围应用电路，以及有关液晶显示控制器技术的发展升格和设计方法。第 15 章具体介绍设计定制液晶显示器件和模块的具体程序。第 16 章将指导读者自己动手组装一台液晶显示器和液晶电视。

作为“最新应用技术”，理应在“最新”二字上做文章，但实际上根本不可能。一则最新技术日新月异，二则最新技术扩展无限，无法求全。最后是作者水平所限，认识有限，信息来源有限，难以完全满足读者需求。在本书编写过程中，就已经发现，刚刚写完的内容明天就有过时的感觉。这是令人兴奋也是令人尴尬的事。因此，一些更新的成果和技术未能收录，敬请读者谅解。

本书绪论，第 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 16 章由李维谔执笔，第 10, 11, 12, 13, 15 章由郭强执笔，第 14 章由许卫和张晋宝执笔。其中，有关手机显示，液晶电视部分内容分别由王学恩、袁光明等提供，DIY 的照片由“液晶之家”提供。

由于本书不同于前两部书，主要以综合整编和介绍方式编写，书中摘编了不少相关内容的文章，通讯，报道和产品介绍，无法一一列举。在此，我们，并代表读者一并对提供资料的个人，单位表示感谢。

本套丛书至此告一段落，这是我们历经液晶显示行业 20 多年来的一个小结，也是液晶显示产业 20 多年历史的一个记录，点滴经验，体会献给读者，聊表心意。

李维谔 郭强
2006 年 6 月

目 录

绪论——液晶显示发展趋势	1
第 1 章 液晶显示应用技术发展趋势	8
1.1 液晶显示应用领域的扩大	8
1.2 液晶显示应用技术的更新与发展	11
1.3 应对新型平板显示器件的挑战	15
1.4 液晶显示应用技术的发展趋势	24
第 2 章 最新液晶显示器件	25
2.1 多晶硅液晶显示	25
2.2 单晶硅液晶显示（微型硅基液晶显示器 LCOS）	27
2.3 反射式液晶显示器件	36
2.4 高亮度液晶显示	43
2.5 宽视角液晶显示	47
第 3 章 提高液晶显示性能的新技术	57
3.1 提高显示器的设计制作水平	57
3.2 提高响应速度的新技术	62
3.3 提高对比度的新技术	66
3.4 提高显示亮度的新技术	68
3.5 降低驱动功耗的新技术	68
3.6 展宽工作温度范围	69
3.7 电磁兼容（EMC）设计技术	70
3.8 LCD 显示器的模拟和数字接口	78
第 4 章 液晶显示最新工艺技术	84
4.1 材料的改进	84
4.2 设备的更新	88
4.3 工艺发展，缩短流程	88
第 5 章 最新液晶显示背光源技术	95
5.1 冷阴极荧光灯背光源 CCFL	95
5.2 LED 背光源的技术发展	116
5.3 EL 背光源技术的发展	133
第 6 章 液晶显示的投影和其他光学系统	150
6.1 液晶显示的投影系统	150
6.2 近目光学系统和头盔式显示	182
第 7 章 其他应用配套技术	190
7.1 电源电路	190
7.2 连接技术	196

7.3	触摸屏输入技术发展	199
第 8 章	液晶显示器的选购, 保养和维修	217
8.1	液晶显示器的选购	217
8.2	液晶显示器的保养与维护	221
8.3	液晶显示器故障分析及维护	223
第 9 章	最新液晶显示应用大观	225
9.1	背投式电视	225
9.2	随身看显示系统	226
9.3	电子书籍	228
9.4	液晶立体显示	229
9.5	加固型液晶显示器	239
9.6	手机液晶显示器	242
9.7	液晶显示在电视上的应用	298
第 10 章	液晶显示控制器的发展	313
10.1	液晶显示控制器发展概述	313
10.2	接口部的功能“升格”	314
10.3	控制部的功能“升格”	322
10.4	驱动部的功能“升格”	334
10.5	应用实践	337
第 11 章	TFT 液晶显示驱动控制电路	340
11.1	TFT 的驱动特性	340
11.2	TFT 液晶显示驱动器的电路原理	344
11.3	TFT 液晶显示驱动控制器的电路原理	348
第 12 章	双稳态液晶显示器的驱动与控制	361
12.1	双稳态液晶显示器件及应用	361
12.2	BCD 液晶显示器的驱动方式	363
12.3	BCD 液晶显示驱动系统	364
12.4	BCD 液晶显示控制器	365
12.5	BCD 液晶显示器的设计实例	366
第 13 章	液晶显示控制器的设计方法	373
13.1	液晶显示控制器的结构分解	373
13.2	液晶显示控制器的电路设计	378
13.3	液晶显示控制器的应用举例	387
第 14 章	国产多功能液晶显示控制器	391
14.1	功能概述	391
14.2	系统逻辑图	391
14.3	管脚排列	392
14.4	指令集	394
14.5	常用液晶显示模式的指令初始化参数	403
14.6	其他说明	405

14.7 示例程序	407
第 15 章 液晶显示器件与模块的设计与定制	413
15.1 液晶显示器件和液晶显示模块定制的必要性	413
15.2 液晶显示器件的设计与定制	413
15.3 液晶显示模块的设计与定制	420
第 16 章 液晶显示 DIY 制作	425
16.1 液晶显示 DIY	425
16.2 液晶显示器和液晶电视 DIY 的配件	425
16.3 DIY 装配	441
附录 A TFT-LCD 液晶显示器分辨率	446
参考文献	447
跋	448

绪论——液晶显示发展趋势

液晶显示产品是当今持续发展速度最快的产业之一。历年来，有关液晶显示发展的文章论述很多，大都是从液晶显示技术的更新，引深至应用前景的扩展，进而预计市场的发展。换言之，这种观点是认为液晶显示发展是以技术发展为基本动力的，我们并不反对技术对一个产业发展所起的巨大驱动力，特别是在产业初建之时，技术的完善更是至关重要。但是，我们认为，一个产业的发展，最基本的动力是市场。

因此，我们将从市场的角度，谈谈有关液晶显示发展趋势。

市场，不外乎需求和竞争。液晶显示产业面对的市场核心也是如此。市场对液晶显示的需求和各类显示器件与液晶显示的竞争是液晶显示发展的最大动力，并决定、主导了液晶显示的发展趋势。市场对液晶显示的需求，一句话概之，“不断扩大”。这是有目共睹的，特别是，个人便携式产品的发展，例如，移动通信产业的迅速发展，为液晶显示的发展注入了动力。市场需求的扩大，将决定了液晶显示持续发展的基本态势。

而各类显示与液晶显示在市场上的竞争则不仅是液晶显示发展的动力，而且将决定液晶显示发展的方向和特点。所以我们将重点论述液晶显示的市场竞争是如何决定液晶显示持续发展趋势的。

液晶显示内部竞争

各个液晶显示厂商之间的竞争和各类液晶显示器件之间的竞争是液晶显示内部竞争的主要构成。

各厂商之间的竞争主要表现在产品的质量 and 性价比。质量越好，市场越欢迎，你就会卖得多，赚钱多；性价比高，客户越高兴，销售量越大，你的利润就更多。

所以，液晶显示各厂商间的竞争将会不断地促进液晶显示质量的提高和性价比的提高。换句话说，就是，产品越来越好，价钱越来越便宜。这是液晶显示持续发展的第一个趋势。

各类液晶显示之间的竞争对液晶显示发展趋势影响也很大。我们知道，液晶显示的分类是很多的，例如，TN，STN，TFT 等。各种类别的液晶显示优缺点各异，对用户来说，他们是互补的，但对各类液晶显示来说，竞争就促成了他们各自克服缺点，发挥优点的不断进步，甚至会激发出灵感开创出新的显示模式。快速更新换代是液晶显示持续发展的第二个趋势。

近年来由于液晶显示内部的竞争而发展的新型液晶显示事例很多，较为突出的有以下三种。

1. 黑白和彩色 STN 的发展

STN 是在克服 TN 型液晶显示难以多路驱动的优点而诞生的，但是，STN 的干涉色，使其显示效果不如 TN 的液晶显示，人们不满意。于是人们利用光学延迟片对圆偏振光的补偿原理，制造出了黑白 STN。

STN 又吸收了微彩色膜技术实现了彩色 STN, 突破了无源液晶显示的彩色化, 又远比 TFT 彩色化液晶显示价格低。虽然这种彩色化, 由于 STN 本身特点所决定, 只能显示不多的彩色级别, 被称为“伪彩”, 但是 STN 已经成为液晶显示市场中不可或缺的一大类产品了。

2. 多晶硅 TFT 的诞生

TFT 有源矩阵液晶显示是可以实现活动视频图像显示的液晶显示。但是, 在非晶硅薄膜上制作的有源矩阵 TFT 由于其电子迁移率低, 而不得不将器件面积做得稍大, 因此在很小的像素面积上占据了不少比例, 使像素的开口率(有效像素面积/全部像素面积)仅 70% 左右, 严重影响了背光源的有效利用, 而无源液晶显示虽然不能显示视频图像, 但是其开口率高(不计像素间隔, 可达 100%)。在开口率方面的相互竞争, 导致人们开发了开口率达 80% 以上的多晶硅 TFT 有源矩阵, 即 P-TFT-LCD。多晶硅的电子迁移率比非晶硅的电子迁移率高一个数量级, 因此器件可以做小一些, 开口率自然高。而且, 由于电子迁移率提高了一个数量级, 完全可以将速度不是很高的行列驱动器也做在液晶显示器基板的多晶硅层上。

3. 反射式液晶显示成为开发重点

液晶显示属被动显示, 只有在有外光源(环境光或背光源)的条件下才能实现显示。但是, 背光源的功耗是液晶显示本身功耗的几百倍以上。因此, 在有无背光源的两大类液晶显示中, 反射式液晶显示有一定的优势。但是原有 TN, STN 反射式液晶显示由于偏光片的吸收使其显示底色暗, 对比差, 显示效果不好。所以, 各类液晶显示在对外光源的有效利用和追求所谓“书写式”(或称类纸)显示效果的竞争中, 激发了对反射式液晶显示的开发热情。因此, 彩色化, 视频显示和反射式显示将成为当今液晶显示发展的重点趋势。

液晶显示与各类显示的竞争

液晶显示与其他几种平板显示在市场上的竞争是驱动液晶显示持续发展的又一大动力。

近年来, PDP, OLED, DMD, FED, SED 等多种非液晶的平板显示都已经陆续上市, 其针对液晶显示的亮度低, 不易大屏幕化等缺陷, 发起了对液晶显示的挑战。某些观点喜欢将显示器分为“代”, 而且认为“新一代”的显示会取代“老一代”的显示, 如最近, 某些人即声称 OLED 将会取代液晶显示, 而 SED 又会取代其他显示。

事实上, 由于各种显示各有其优缺点和特性, 一般不可能互相取代, 但是, 利用本身的某一特长部分取代或冲击另一类显示器件是完全现实的。液晶显示将不得不面对这一竞争。这一竞争既是对液晶显示产业的威胁, 又是液晶显示产业的发展动力。

下面我们将从显示器件的典型特性上分析最新非液晶显示的平板显示对液晶显示的挑战。

1. 驱动电压

液晶显示号称是低压驱动, 但实际上也并不能一概而论, 在多路驱动条件下, 由于占空比的减小, 其实际驱动电压 V_{∞} 有时会高达十几伏至二十几伏。而像 PDLC, 快速多稳态 (MLCD) 液晶等的驱动电压可能会高达几十伏至百伏左右。

在几种新型平板显示中除 OLED 外, 大都工作电压较高。可见, 最常用的 TN, STN 等

液晶显示的低压驱动优势依然不减。但是，低压驱动的好处也仅在于可与大规模集成电路的低压兼容，所以，虽然 OLED 的工作电压还稍高于液晶，但液晶显示的工作电压优势已不明显。

2. 工作电流

工作电流的大小，对应用也有很大意义。一般的液晶显示是场效应型的，所以工作电流都很小，每 cm^2 仅零点几微安至几微安，而 EL, PDP 等不仅工作电压高，工作电流也大，OLED 工作电压虽低，但是属于电流型器件，工作电流大，而且要求恒流，稳流。与液晶显示无法相比。只有像电泳显示，电子墨水 (e-ink) 和 DMD 微型显示的工作电流才能与液晶显示媲美。

3. 功耗

功耗标志着器件消耗电能的多少，这在微型便携设备上意义重大。在主要的平板显示器件中，PDP, FED, VFD 的功耗最大，EL, LED 的功耗次之。目前有人称 OLED 的功耗比液晶显示还低，这是个误解。OLED 的功耗和 LED 功耗在同一数量级，但是它是主动发光器件，不需背光源，而且只有在显示时才耗电，因此和增加了背光源的液晶显示器件总功耗比，不仅总功耗不大，甚至在不要求高亮度，不是全屏显示时，功耗还更小。可见，说 OLED 功耗比液晶显示功耗低是有多种附加条件的。我们从发光效率看，LCD 背光源 CCFL 的效率为 $50\sim 60\text{lm/W}$ ，而 OLED 的效率仅 15lm/W 。而且，作为电流型的 OLED 所需的电流驱动器从功耗、器件制作难度，或成本上都要高于液晶显示驱动器，因此 OLED 的低功耗也要大打折扣。

不过在移动通信这类要求彩色，黑暗中能看清图形，图像，文字的特殊应用领域，由于液晶显示必须配背光源，所以 OLED 的总功耗还是可以向液晶显示挑战的。

真正在功耗上可以向液晶显示挑战的是那些场效应型，反射型，有记忆功能的平板显示。他们对液晶显示更具威胁。

4. 亮度（对比度）

这是表示显示清晰程度的一个指标，被动显示的液晶显示用对比度表示，一般为 $5:1\sim 20:1$ ，而主动发光的显示器如 PDP, OLED 等则以亮度表示，一般为 $100\sim 300\text{cd/m}^2$ 。增加了背光源的液晶显示也可以用亮度表示，一般亮度也不会超过 250cd/m^2 ，如果不考虑功耗，多加背光管，也可以实现 400cd/m^2 以上，对比度达到 $100:1$ 以上。而主动发光的显示器可以很容易达到 800cd/m^2 以上，对比度可达 $500:1$ 以上。

此外，液晶显示类似于灰纸上写黑字，对比度再高，显示效果也不如电泳显示、电子墨水那种白纸黑字的显示效果好。

所以，无论从有背光的亮度指标，还是无背光的反射式显示对比度指标上看，液晶显示都处于劣势。

5. 响应速度

属于分子级别的液晶显示原理，响应速度一般是毫米级，而 OLED, PDP 等属于电子级别工作原理的响应速度一般都可达到微米级别。个别类型的液晶显示如铁电液晶显示，或将液晶盒做得很薄，如仅 $1\mu\text{m}$ ，也可达到微米级响应速度，但是其成品率会大大下降。总之，液晶显示的响应速度也是弱项。

6. 灰度级别，色彩级别

可显示的灰度级别越多，显示的图像层次越丰富，彩色化时的色彩级别也就越多。STN 的灰度级别仅 2 至 4 个，由此组合的色彩级别也就不多，我们只能称其为伪彩。TFT 液晶显示的灰度级别可以很多，组合的色彩级别可达几十万个，我们称为真彩。

而 FED，PDP 等的灰度级别可以轻易实现十几级至几十级，因此组合的色彩级别也就更多更丰富。可以达到几十万个，优于无源液晶显示。

7. 彩色化能力

在实现彩色化能力上，液晶显示中成熟的技术是使用微彩色滤色膜，将像素分割成 R，G，B 三色子像素，目前公认这是一种简便而有效的方法。但是这种方法会造成大量光损失，PDP，FED，OLED 等主动发光显示器可以用不同材料实现不同的发光颜色，而且不会有光损耗，这是优势，但不同材料会有不同的老化参数，从而造成总体寿命缩短，色彩失真，这也是不足。此外，液晶显示由于滤色膜对光的损耗，彩色不如主动显示器件的鲜艳。

8. 视角

视角对观察很重要，一般定义为最大观察方向与法线的夹角，它包括最大视角和最佳视角方向。TN，STN 等液晶显示由于液晶分子排列方向和使用偏光片，视角大小和最佳视角方向都不好。

而 PDP，OLED 等主动显示则不会有这些缺点，因此视角大，最佳视角方向也均衡。这方面液晶显示明显不如 OLED 和 PDP 等主动发光显示器件。

9. 屏幕大小

由于液晶显示需要一个极薄而均匀的薄盒，从材料或制造上都很困难。一般只能制作到 20~30 多英寸的中小显示屏。

目前号称平板大屏幕首选的 PDP，由于是电真空器件，面积过大，在材料和工艺（如去气，排气，封接）上也都有困难，所以一般只能制作 40~50 英寸的显示屏。

OLED 以及 PLED 是全固体器件，理论上可以制作得很大，但是 OLED 需使用真空薄膜工艺制作，大面积产品的成品率是问题，而 PLED 虽是厚膜工艺制作，容易做大，但它属于电流型器件，面积过大，电极引线负载以及升温等问题也难以解决，目前也只能制作到几英寸至十几英寸水平。

液晶显示器件中的投影液晶显示，如 LCOS 微型液晶显示器可以实现几十至上百英寸的显示。

10. 像素密度

像素数越多，图像越清晰，一般只要光刻像素工艺能达到的像素密度就都能实现，但是高像素密度的液晶显示必须是有源矩阵器件。受非晶硅电子迁移率和开口率的制约，像素密度也终有极限。最新的多晶硅，单晶硅的 TFT 液晶显示确可以将像素数制作得非常高，而 PDP 是靠厚膜工艺制造，像素密度自然上不去。OLED，FED，PLED 也都因各自的结构，工艺等原因，而不能太精细，这点比不上液晶显示。

11. 存储功能

此指为“无功存储功能”，即在断电后，显示不会消失。它适用于非经常变换显示的场

合，可节能，并可部分取代有源矩阵的功能。

某些液晶显示如双稳态，多稳态液晶显示及铁电液晶显示都具有这种功能。OLED，FED 等显示器都没有这些功能。PDP 的存储功能虽不能维持整幅图像持续显示，但是却可以取代有源矩阵的功能，从而使 PDP 驱动不受行列数量增大产生的困扰。

12. 环境参数

众所周知，液晶显示的工作、存储温度范围较窄，作为背光源的冷阴极灯管的低温启动能力也不好，这又是其重大劣势之一。

而其他几种显示器件的低温工作性能都比液晶好，但是几种使用荧光粉或半导体材料的显示器，包括 OLED，在高温下会产生淬灭，所以各有其不足。

13. 连接性能

平板显示器件的外引线连接难度在于密度大，有些还是非金属材料，如 ITO 等。液晶显示即是如此，随着液晶显示的发展，已经开发了一系列连接技术，如 COB，COF，COG 等，可以满足使用要求。

其他各类平板显示的连接，一般都沿用液晶的连接技术，按各自特点加以改造，如 PDP 的连接，必须考虑耐压，防击穿；而 OLED 则必须保证连接电阻尽量小。总之靠低电压工作的液晶显示器件的外连接还是比较容易解决的，那些电压高，电流大的发光型显示器件的外连接相对要难一些

14. 可靠性

液晶的可靠性最高，只要不摔碰，破损，十年免维修都可以。而 PDP 是高压器件，OLED 是电流型器件，其可靠性都不如液晶显示。

15. 寿命

液晶显示器件无论从理论上或实践中寿命都很长，可达十几万小时。常见的便携式电脑显示器如果不是人为损坏，一般多是背光源老化，亮度下降。更换一只背光源管即可返老还童。相对其他显示器件，PDP，OLED，FED，VFD 的寿命都不如液晶显示。OLED 的材料提纯很难解决，以致影响寿命，PDP 的寿命则受荧光粉老化和管内气压变化的制约。

唯一可与液晶显示寿命相媲美的仅无机 LED。但是它很难做成平板显示器件。

综上所述，各类新型显示器件已经从不同角度发起了对液晶显示器件的挑战。虽然目前还没有哪一类显示在综合性能上超过液晶显示，但在某些领域也确实构成了对液晶显示的威胁。例如，OLED 利用其彩色自主发光，全固态化，低压，直流驱动，低功耗等优势开始了对移动通信，手机市场的抢占。

可以预见，各类平板显示器件将直面液晶显示的弱势——被动显示，亮度低，对比度不高，背光源功耗大，大屏幕化难度高等发起挑战。这既是各类平板显示器件发展趋势，也是液晶显示为保持持续发展的努力方向。

液晶显示如何应对挑战

一个产品在市场是否能有一席之地主要看两个方面，一看综合优势，二看特长优势。液晶应对挑战也主要是这两个方面。

1. 发挥特长优势

1) 发展反射式液晶显示

作为被动显示，可以有透过式和反射式两种显示形式。反射式的优点不言自明，它利用并调制环境光满足显示要求，省电，节能都源于此。早期的，中低档液晶大都属于反射式。但是，由于一般 TN，STN 液晶显示必须使用偏光片，所以其显示底色灰暗，显示质量差。以后虽然在透过式液晶显示背后增加了背光源，改善了显示质量，但功耗大大增加，又损失了低功耗的特长优势。即便如此，面对一些大功耗的主动发光显示如 PDP，CRT 等被动式还是有优势的，但面对一系列新型的低压，低功耗的主动发光显示，如 OLED，PLED，FED 等的上市，其特长优势大减。

面对这一市场竞争，近年来已经形成了开发反射式液晶显示的强劲势头。反射式液晶得到了迅速发展，某些不使用偏光片的液晶显示效果，如多稳态液晶显示的显示效果已经接近了白纸写黑字的显示效果。而硅上液晶 LCOS 则开创了反射式液晶投影显示的先河。

反射式液晶显示保持了液晶显示原有优势和特长，将是今后液晶显示持续发展的重要支柱之一。

2) 提高像素密度

液晶显示的结构、工艺保证了它实现高像素密度的可能。面对 PDP 等显示具有明显优势，但面对另一些显示器件，如 OLED，液晶显示也感到了危机。

近年来，一方面从工艺入手，使液晶像素越作越小、越作越密。以满足高清晰度和小面积、大显示容量方面（如手机显示）的要求。而另一方面，将有源器件所用的非晶硅材质过渡为多晶硅、单晶硅材料，由于其后者的电子迁移率高，其有源矩阵可以做得更小，不仅提高了像素开口率，而且也提高了像素密度。特别在彩色有源矩阵液晶显示领域，多晶硅将是今后液晶显示发展的另一重要发展趋势。

3) 改进工艺、降低成本

液晶显示诞生已近 30 年，生产工艺成熟，成本、价格相对较低。目前已号称进入了第六代，第七代生产线，投料尺寸超过了 1m 以上，TFT-LCD 成品率也超过了 90%。但是面对其他显示器件的竞争，液晶显示也将还继续在这方面追求革新和发展，以求提高产量，降低成本，提高性价比。终究价格竞争还是市场竞争的重要内容。改进的重点是缩短工艺流程和加大投料尺寸。

2. 克服缺陷、推陈出新保持综合优势

不必讳言，液晶显示也有不足之处，例如亮度（对比度）低，响应慢，工作温度范围狭窄、显示面积不易做大等。这些缺陷给其应用带来了不便。今后，液晶显示在应对其他各类显示器件挑战中，针对自身的不足，在以下方面力争作出重大突破。

(1) 通过发展反射式显示和改进背光源，提高开口率，以及增加偏光片透过率等多种方式提高显示亮度和对比度。

(2) 改进材料、器件结构、工艺，特别是突破 2~4 μm 的盒厚控制工艺等，提高液晶显示的响应速度。同时，还将努力开发一些快速响应的新型液晶显示模式，从而使液晶显示能更理想地满足视频显示的要求。

(3) 工作温度范围窄是液晶材料的一大缺陷，克服它只有从液晶材料入手。目前已有报导，开发出了可以在 -50~90 $^{\circ}\text{C}$ 工作的液晶材料。此外辅助加热系统的开发也将保证液晶

示的工作温度范围会大大加宽。

(4) 为了实现大屏幕显示, 液晶显示开拓了一条全新的途径——投影显示。在原有透射式非晶硅 TFT 投影显示的基础上, 近年已经向多晶硅 TFT 投影显示过渡, 多晶硅虽然可以提高开口率 10%~15% 以上, 使显示亮度, 清晰度大大提高, 但还不理想, 为了与 PDP 等大显示屏竞争, 近年液晶显示又开发了一种“硅上液晶” LCOS。将大规模集成电路作基板, 与液晶集合制成反射式的微型液晶显示器。通过外光源的反射式投影实现 50~100 英寸以上的大显示屏。由于它可以用最少的材料制作, 实现比 PDP 显示面积还要大的大显示屏, 因而可能成为今后大屏幕、高清晰度数字电视的主流显示器。

综观液晶显示的成长、发展, 可以看出液晶显示的发展动力是市场。市场驱动论可以解释和预测液晶显示的发展。我们重申这一观点是为提醒液晶显示的从业者、经营者、投资者、决策者以及应用客户不要将自己的关注仅仅局限于跟踪别人的具体技术发展上(当然也不能忽视), 这只能导致被动的“追赶战略”, 我们建议应更多的关注市场需要和市场竞争。市场会给你更多的启示、灵感, 激发自主开发能力, 从而形成一个更主动的“迎击战略”, 走出我国自主的液晶显示发展道路。