

CHANGHONG 长虹

名优家电系列丛书

长虹液晶

彩色电视机 电路分析与故障检修

王晓东 刘亚光 编著



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

名优家电系列丛书

长虹液晶彩色电视机 电路分析与故障检修

王晓东 刘亚光 编著

人民邮电出版社
北京

图书在版编目(CIP)数据

长虹液晶彩色电视机电路分析与故障检修/王晓东,

刘亚光编著. —北京:人民邮电出版社, 2007. 10

(名优家电系列丛书)

ISBN 978-7-115-16348-6

I. 长… II. ①王…②刘… III. ①液晶电视:彩色电视—电视接收机—电路分析②液晶电视:彩色电视—电视接收机—检修
IV. TN949.192

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第081993号

内 容 提 要

本书以长虹集团公司生产的 LS07、LS08、LS10 三种典型机芯为例,全面、系统地介绍了长虹液晶彩色电视机的电路原理、维修方法及维修参考数据。另外,本书还简单介绍了液晶显示器件(TFT-LCD)的工作原理与相关技术;附录中还配有 GP01、GP02、GP03、GP04 型开关电源电路原理图和 LS07、LS08、LS10 三种机芯的电路原理图。

本书内容丰富、资料翔实,不仅可供广大彩色电视机维修人员使用,也可供职业技术院校及短训机构相关专业的师生参考。

名优家电系列丛书

长虹液晶彩色电视机电路分析与故障检修

-
- ◆ 编 著 王晓东 刘亚光
责任编辑 申 苹
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京鸿佳印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 14 插页: 2
字数: 337 千字 2007 年 10 月第 1 版
印数: 1-5 000 册 2007 年 10 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-16348-6/TN

定价: 28.00 元

读者服务热线: (010) 67129264 印装质量热线: (010) 67129223

《名优家电系列丛书》 编委会

主 任： 季仲华

副 主 任： 吕晓春 顾 翀

编 委： (以姓氏笔划为序)

安永成 刘 朋 刘文铎 刘宪坤

孙景琪 宋东生 张 鹏 姚予疆

龚 克 黄良辅 程仁沛 韩华胜

出版者的话

随着我国市场经济的发展，我们欣喜地看到，在电视机、空调器、电冰箱、洗衣机、微波炉等家电生产行业，经过激烈的市场竞争，优胜劣汰的市场选择，涌现了一批靠优质名牌产品取胜，实现产品规模化生产经营的家电名优企业，这些企业的产品占据了国内家电产品市场的绝大部分份额。对于广大消费者来说，他们希望购买使用优质的名牌产品，更希望获得优质的售后服务。为此我们组织出版了这套名优家电系列丛书，目的就是在这些名优家电企业和广大消费者之间，架起一座桥梁，协助企业做好售后服务。

这套丛书将选择在我国市场占有率名列前茅的家电名优企业产品，出版一系列图书，由该企业内专业人员为主编写，并提供线路图等维修数据资料，介绍其各类产品的功能特点、工作原理，以及安装和维修方法。相信这套丛书的出版，会有助于提高广大家电维修人员的维修水平，解决维修难的问题。

现代电子技术发展迅速，新产品日新月异，我们衷心希望和全国名优家电企业共同努力，以精益求精、服务社会的精神，出版好这套丛书。我们也希望广大家电维修人员、专家、学者和电子技术爱好者，对这套丛书的编辑出版提出宝贵意见，给予帮助。

前 言

近年来,随着液晶屏关键制造技术的成熟和突破、液晶彩色电视机性能的提高和价格的大幅下降,人们的消费取向发生了重大改变,液晶彩色电视机越来越受到消费者的青睐,成为目前家电消费的主流。随着平板时代的到来,液晶彩色电视机在使用过程中出现故障后的维修服务必然成为消费者关注的重点。了解和掌握液晶彩色电视机的基本常识、整体电路结构及维修技巧,已成为 CRT 类彩色电视机维修人员的当务之急。

为了帮助维修人员尽快掌握液晶彩色电视机的维修技术,促进电视机售后服务工作的进一步完善,我们编写了本书。书中以长虹集团公司生产的 LS07、LS08、LS10 三种典型机芯为例,详细介绍了长虹液晶彩色电视机的电路原理、维修方法及维修参考数据。为了便于读者理解和学习,书中将三种机芯典型机型的内部实物电路板与电路图、信号流程图等结合起来,直观、易懂。另外,本书还简单介绍了液晶显示器件(TFT-LCD)的工作原理与相关技术。

特别需要说明的是,本书附录中提供了 GP01、GP02、GP03、GP04 型开关电源电路原理图和 LS07、LS08、LS10 三种机芯的电路原理图,这些都是维修人员急需的实用资料。为了便于维修人员查阅,附录中的电路原理图采用的都是厂家提供的原厂电路原理图,元器件符号没有按国家标准进行统一。

完整的电路原理图配合详细的电路分析,相信本书的出版可帮助广大维修人员迅速提高维修长虹液晶彩色电视机的技能。

本书在编写过程中得到了长虹集团公司领导的大力支持,长虹技术中心和产品技术服务中心的同志为本书提供了宝贵资料,在此一并表示衷心感谢。由于时间仓促,加之作者水平有限,书中难免有不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编著者

目 录

第 1 章 液晶基本知识	1
1.1 概述	1
1.1.1 液晶技术的发展	1
1.1.2 液晶的概念	3
1.1.3 液晶的分类	4
1.1.4 液晶的物理特性	6
1.2 液晶的光学基础知识	9
1.2.1 光的偏振性	9
1.2.2 马吕斯定律	11
1.2.3 光在液晶中的传播	13
1.2.4 液晶的旋光现象	14
1.2.5 线偏振光在扭曲向列液晶中的传播	15
1.3 液晶器件的性能参量及特性	16
1.3.1 液晶器件的性能参量	16
1.3.2 液晶器件的电光特性	17
1.3.3 液晶器件的温度特性	17
1.3.4 液晶器件的伏安特性	18
1.3.5 液晶器件的电蓄积电效应	18
第 2 章 TFT-LCD 技术	19
2.1 TFT-LCD 的基本结构和原理	19
2.2 TFT-LCD 驱动技术	22
2.2.1 薄膜场效应晶体管 (TFT)	22
2.2.2 驱动时序与波形	23
2.2.3 TFT-LCD 像素矩阵的驱动电路	24
2.2.4 TFT-LCD 的驱动电路	25
2.3 TFT-LCD 背光源技术	25
2.3.1 背光模组的分类	26
2.3.2 背光模块的基本结构	27
2.4 TFT-LCD 广视角技术	29
2.4.1 MVA 模式	29
2.4.2 IPS 模式	31
2.4.3 FFS 模式	32
第 3 章 液晶电视开关电源工作原理	34
3.1 开关电源的基本原理	34

3.2 GP01 型开关电源电路分析	35
3.2.1 电源进线滤波抗干扰电路	37
3.2.2 整流滤波电路	37
3.2.3 厚膜集成电路 STR-E1565	37
3.2.4 PFC (功率因数校正) 电路	39
3.2.5 启动电路	41
3.2.6 开关电源自激振荡电路	41
3.2.7 直流电压输出电路	41
3.2.8 保护电路	42
3.3 GP04 型开关电源电路分析	42
3.3.1 厚膜集成电路 STR-2268	42
3.3.2 启动电路	45
3.3.3 稳压控制电路	45
3.3.4 直流电压输出电路	46
3.3.5 开/待机控制电路	46
3.3.6 保护电路	46
3.4 逆变器 (inverter) 基础知识	47
3.4.1 逆变器 (inverter) 概述	47
3.4.2 逆变器组件	48
第4章 长虹 LS07 机芯电路分析与故障检修	49
4.1 长虹 LS07 机芯简介	49
4.1.1 长虹 LS07 机芯功能特点	49
4.1.2 长虹 LS07 机芯结构	51
4.2 长虹 LS07 机芯电路分析	52
4.2.1 系统控制电路	52
4.2.2 高、中频信号处理电路	56
4.2.3 中频、视频信号处理电路	58
4.2.4 行场同步信号处理电路	62
4.2.5 TV/AV/SVHS-HS、VS 与 DPF-HS、VS 切换电路	64
4.2.6 YP _b P _r /PC 信号处理电路	65
4.2.7 A/D 变换及格式变换电路	65
4.2.8 伴音信号处理电路	67
4.2.9 I ² C 总线系统	70
4.2.10 整机供电系统	72
4.3 典型故障维修流程及维修实例	76
4.3.1 典型故障维修流程	76
4.3.2 维修实例	78
4.4 主要集成电路引脚功能及数据	80
4.4.1 TDA15063H	80

4.4.2	MST518	84
4.4.3	TDA1517AWT	87
4.4.4	TDA1308	87
4.4.5	P15V330A	88
4.4.6	24LC21A	88
4.4.7	24LC32A	89
4.4.8	74LVC126A	89
4.4.9	P15V330A	90
4.4.10	74LVC126A	90
4.4.11	MC14016	91
4.5	维修调试	91
第5章	长虹 LS08 机芯电路分析与故障检修	93
5.1	长虹 LS08 机芯简介	93
5.1.1	长虹 LS08 机芯功能特点	93
5.1.2	长虹 LS08 机芯结构	95
5.2	长虹 LS08 机芯电路分析	96
5.2.1	高、中频信号处理电路	97
5.2.2	信号输入电路	100
5.2.3	中频、视频信号处理电路	102
5.2.4	行场同步信号处理电路	104
5.2.5	A/D 变换电路	105
5.2.6	系统控制电路	108
5.2.7	伴音信号处理电路	111
5.2.8	I ² C 总线系统	116
5.2.9	整机供电系统	118
5.3	维修实例及关键点波形	120
5.3.1	维修实例	120
5.3.2	关键点波形	123
5.4	主要集成电路引脚功能及数据	127
5.4.1	TDA15063H	127
5.4.2	GM1501	131
5.4.3	TDA8759	140
5.4.4	TPA3002D2	143
5.4.5	SAA7115	145
5.4.6	SM5301AS	146
5.4.7	各稳压管引脚电压参考数据	148
5.5	维修调试	148
5.5.1	进入工厂菜单的方法	148
5.5.2	工厂菜单及其设置	148

5.5.3 工厂菜单的调节方法	150
第6章 长虹LS10机芯电路分析与故障检修	151
6.1 长虹LS10机芯简介	151
6.1.1 长虹LS10机芯功能特点	151
6.1.2 长虹LS10机芯结构	152
6.2 长虹LS10机芯电路分析	153
6.2.1 高、中频信号处理电路	153
6.2.2 信号输入电路	157
6.2.3 A/D变换电路	158
6.2.4 帧存储控制器电路	161
6.2.5 系统控制电路	162
6.2.6 伴音信号处理电路	162
6.2.7 整机供电系统	164
6.3 维修实例及关键点波形	166
6.3.1 维修实例	166
6.3.2 关键点波形	169
6.4 主要集成电路引脚功能及数据	173
6.4.1 MST5151	173
6.4.2 SAA7117AH	178
6.4.3 MM502	180
6.4.4 NJW1142	182
6.4.5 PT2330	183
6.4.6 各稳压管引脚电压参考数据	184
6.5 维修调试	184
6.5.1 进入工厂菜单	184
6.5.2 工厂菜单及其设置	185
6.5.3 工厂菜单的调节方法	186
附录	187
附录A GP01电源电路原理图(适于20英寸以下机型)	187
附录B GP02电源电路原理图(适于26~32英寸机型)	188
附录C GP03电源电路原理图(适于37~42英寸机型)	189
附录D GP04电源电路原理图(适于46英寸及以上机型)	190
附录E LS07机芯电路原理图	191
附录F LS08机芯电路原理图	199
附录G LS10机芯电路原理图	206

第 1 章 液晶基本知识

1.1 概 述

1.1.1 液晶技术的发展

液晶的诞生来自于一项非常特殊物质的发现,早在 1850 年 Virchow、Mettenheimer 和 Valentin 三人就发现神经纤维的粹取物中含有这种不寻常的东西。到了 1877 年德国物理学家 Otto Lehmann 运用偏极化的显微镜首次观测到了液晶化的现象,但他对此现象的成因并不了解。直到 1888 年,奥地利的植物学家 Friedrich Reinitzer 研究胆甾醇在植物中的作用时,用胆甾基苯进行试验中无意间发现了螺旋性甲苯酸盐的化合物 (cholesteryl benzoate), 确认了这种化合物在加热时具有两个不同温度的熔点,在这两个不同的温度点中,其状态介于一般液态与固态物质之间,类似胶状,但在某一温度范围内具有液体和结晶双方性质。由于其特殊的状态, Reinitzer 后来走访 Lehmann, 深入探讨这种物质的表现,其后两人便命名这种物质为“Liquid Crystal”,即液态结晶物质的意思。Reinitzer 和 Lehmann 这两人被誉为液晶之父。

液晶的发展在 1961 年出现了转折点,该年美国 RCA 公司普林斯顿研究所一个从事微波固体元件研究已两年的年轻技术工作者 G. H. Heimeier 将电子学应用于有机化学,相继发现了动态散射、相变等一系列液晶的光电效应,并研究出一系列数字、字符显示器件以及液晶钟表、驾驶台显示器等应用产品。1968 年,美国 RCA 公司工程师们利用液晶分子受到电压的影响改变其排列状态,并且可以让入射光线产生偏转的现象,制造了世界第一台使用液晶显示的屏幕。1969 年 2 月日本 NHK 公司向国内进行报道,引起日本科技、工业界的极大重视,日本将当时的大规模集成电路与液晶相结合,以“个人电子化”市场为导向,很快打开了液晶的应用局面。

经过 30 余年的发展,液晶已经发展成了一个独立的学科。被誉之为“当代牛顿”的法国物理学家 P. G. de Oennes 在 1968 年进入液晶界,不仅系统地完善了液晶理论,而且将液晶扭曲向列相 S_A 与超导联系在一起。1972 年他又进入聚合物领域,预言了强流下聚合物的相变。1980 年以后他的兴趣又转向了界面,在浸润动力学、定向理论方面做出了贡献。随后他又转向了粘接剂等方面,直到现在,他在液晶方面的理论仍是液晶界的经典著作,正是由于他在液晶理论方面做出的巨大贡献,1991 年他获得诺贝尔物理奖。

总体来看,自 1968 年第一块液晶显示屏诞生以后, LCD 技术得到迅猛发展, LCD 技术的发展史就是一部 LCD 屏的发展史,它大致经历了 5 个发展阶段。

第一阶段 (1968~1972): 1968 年美国 RCA 公司研制了动态散射型液晶显示器, 1971~

1972 年制造出动态散射型液晶手表, LCD 技术从此走向实用化阶段。

第二阶段 (1971~1984): 1971 年瑞士人发明了扭曲向列液晶显示器件——STN-LCD, 日本厂家使其产业化, 但由于 TN-LCD 制造成本低, 因而它成为 20 世纪 70、80 年代液晶产品的主流, 由于 TN-LCD 的信息容量小, 故只能用于笔端式数字显示及简单字符型显示。

第三阶段 (1985~1990): 1985 年后, 由于超扭曲向列 (STN) 液晶显示器的发展及非晶硅 TFT-LCD 技术的发明, 使 LCD 技术进入了大容量显示阶段, 即进入大信息容量显示的膝上电脑、笔记本电脑、电子翻译机等。

第四阶段 (1990~1995): 在 TFT-LCD 屏飞速发展的基础上, LCD 技术进入高画质液晶显示阶段。

第五阶段 (1996 年以后): TFT-LCD 已在笔记本电脑中普及应用, 从 1998 年开始, 产品进入监视器市场, 长期困扰液晶的三大难题——视觉、色饱和度及亮度问题已解决。液晶显示器的性能在不断提高的同时, 价格以 5 年降价 3/4 的经验规律大幅度下降, 使 TFT-LCD 技术得到了广泛的应用。

我国的 LCD 技术研究始于 1969 年, 基本上与世界同步, 20 世纪 70 年代, 清华和长春物理所率先研制出液晶显示屏, 但是 20 世纪 70、80 年代由于 LCD 研究未能列入国家科研攻关项目, 经费不足, 研究工作出现了低潮, 拉大了与国际先进水平的差距。直到 20 世纪 90 年代, 情况才有所改善, LCD 相关机构发展到 10 多家, 包括国家科委在南京五十五所建立的国家平板显示工程研究开发中心, 北京市科委与清华大学联合建立的北京清华液晶技术工程研究中心, 天津计委、科委与南开大学联合建立的天津市光电子显示研究中心, 科学院长春物理所成立的北方液晶技术开发中心等。大部分企业的研究开发力量仍然比较薄弱, 这些中心和研究所现在开展的课题主要集中在 TFT-LCD 生产相关的技术。

经过 10 多年的努力, 目前我国生产的液晶材料除普通 TN 型材料外, 还有满足宽温、低阈值等特殊要求的 TN 材料及部分 STN 型材料。液晶材料国产化率可达 70% 以上, 已逐步形成相当规模的产业, 其中液晶材料和导电玻璃国产化率比较高, 其他材料的供应也将逐步转向国内, 但国外液晶产品的大量流入造成了降价压力。

我国 LCD 产业的发展与国外相比显得较为缓慢, 整体水平大致落后 10~15 年, 面临的主要问题是产品技术档次偏低。我国 LCD 产业发展至今已有 30 余年, LCD 产业的发展大体上经历了 4 个发展阶段。

第一阶段 (1980~1984): 国内先后引进了 3 条 10.3cm 基片玻璃的 TN-LCD 生产线, 主要用于生产手表、计算器和一些仪表的液晶产品, 目前这些生产线已停产或被改造。

第二阶段 (1985~1990): 国内先后引进 5 条 17.9cm 基片玻璃的 TN-LCD 生产线, 目前大部分还在生产。

第三阶段 (从 1989 年开始): 引进 30.6cm×35.7cm、35.7cm×35.7cm (40.8cm) TN-LCD 生产线, 这些线产量大, 设备较先进, 成品率高, 是目前主要的 TN-LCD 生产线。

第四阶段 (从 1992 年开始): 开始引进 35.7cm×35.7cm 和 30.6cm×35.7cm 的 STN-LCD 生产线。除个别厂能正常大批量生产外, 由于技术不过关, 大多数生产厂难以大批量生产高档 STN-LCD 产品, 至于占 LCD 市场 80% 的 TFT-LCD 产品到目前为止, 只有个别企业实现量产。

进入 21 世纪以来, 国内也开始出现一些 TFT-LCD 面板生产线企业, 如南京新华日、上广电-NEC 等, 但数量很少, 并且大多是以合资的形式出现。2003 年中国 IT 企业——京东

方打破了中国 TFT-LCD 产业的寂静, 2003 年 6 月 6 日京东方正式宣布, 直接进入了液晶电视的核心领域——液晶面板的生产, 入住北京亦庄经济技术开发区, 第一条五代 TFT-LCD 生产线也已于年内开工建设。

总之, 目前我国是 TN-LCD 的生产大国, 高档 STN-LCD 生产量不大, TFT-LCD 产品基本还没有实现量产。由于我们没有掌握大面积 TFT 矩阵制造工艺, 决定了在液晶显示的上游资源——TFT 液晶面板领域的作为非常有限, 现主要立足于产品组装、后期终端产品的功能开发与扩展。

1.1.2 液晶的概念

在不同的温度和压强条件下物体可以处于气体、液体和固体三种不同的状态, 这是人们非常熟悉的现象, 这三种状态一般称为气相、液相和固相。在适当外加条件下处于某一相的物体可以变换为另一种不同的相。水变成冰, 冰变成水, 水变成水蒸气, 水蒸气变成水, 冰变成水蒸气或是水蒸气变成冰, 就是三种相之间互相转变的最常见的例子, 这种转变称为相变, 处在不同相的物体具有不同的物理特性。

一般液体具有高的流动性, 不能承受切变力(切力强), 可以形成液滴, 高的流动性说明构成液体的分子能够在整个体积中自由移动, 而不是固定在一定的位置, 所以液体中某一小区域中分子的堆积状态与远处另一局域小区域中分子的堆积状态可以完全不同, 所以我们在液相分子的位置不具有长程有序, 不过由于分子间的相互作用, 在局域范围内相邻小区域中分子的堆积状态仍然有一定的相似性, 这就是说液相中分子的位置虽然不具有长程有序, 但是可以具有短程有序, 一般液体的物理性质是各向同性的, 没有方向上的差别。

固体则不然, 它具有固定的形状, 构成固体的分子或原子在固体中具有规则排列的特征, 形成所谓晶体点阵, 整块晶体可以由晶体点阵沿空间三个不同方向重复堆积而成, 因此组成晶体的分子或原子具有位置长程有序, 晶体最显著的一个特点就是各向异性。由于晶体点阵的结构在不同方向上并不相同, 因此晶体内不同方向上的物理性质也就不同, 这种各向异性是固相与液相之间的一个很大的差别, 显然各向同性的液相的对称性要高于各相异性的固相。物体的液相总是处于高于固相的温度范围, 只有在物体的熔点温度, 固相和液相才能共存。当然这里所说的物体不包括玻璃、石蜡、沥青之类的非晶态物质。非晶态物质不存在固定的熔点, 随着温度的上升逐渐多的物质形成具有流动性的液体, 非晶态物质在固体状态下的分子并不形成点阵, 甚至可以具有微弱的流动性。

如果构成物体的分子的几何形状具有明显的各向异性, 例如长棒状或扁平的盘状, 那么除去分子的位置外, 分子之间的相互排列方向也将会影响到物体的物理性质, 在低温下, 由这种几何结构具有明显各向异性的分子构成的固相物质, 不但分子要具备位置有序以形成晶体点阵, 而且分子的排列取向也必然要有一定的有序性, 这是因为固体中分子间的距离比较近, 一般只有分子采取相同的排列取向时, 在一定的体积内才能容纳更多的分子, 从而使系统的势能处于最低值。当我们把处于固相的这类物质逐渐加热以增加分子的动能, 当到达一定的温度时, 分子的位置有序或取向有序之一就必然开始被破坏, 这里可能出现两种不同的情况: 一种是物体先失去位置有序形成液体, 但是保留取向有序, 直到更高的温度才进一步破坏取向有序而形成各向同性的液体; 另一种是物体保持着固态但是分子的取向有序先遭到

破坏，到更高的温度时才破坏位置有序而形成各向同性液体。后面这一类物质在固相阶段称为塑性晶体，前面一类物质在位置有序遭到破坏进入液态时，由于分子的排列取向还存在规律性，因此它的物理性质仍然是各向异性的，这类物质是各向异性的液体，也就是所谓的液晶，它的内部分子排列如图 1-1-1 所示。

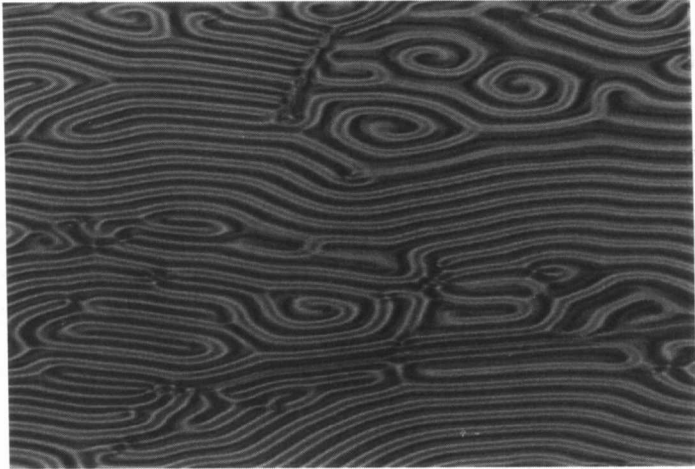


图 1-1-1 液晶内部分子排列形式

从图 1-1-1 可知，在液晶分子中一个小的局域范围内，分子都倾向于沿同一方向排列；在较大范围内分子的排列取向可以是不同的，液晶是处于液体状态的物质，因此构成液晶的分子的质量中心可以做长程移动，使物质保留着一般流体的一些特征，由于液晶相是处于固相和各向同性液相之间，因此液晶相有时也称中介相。

1.1.3 液晶的分类

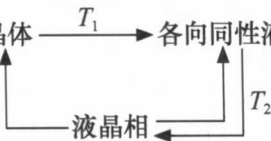
目前世界上发现或人工合成的液晶已不下几千种，因为种类很多，所以不同研究领域的人对液晶会有不同的分类方法。从成分和出现中介相的物理条件来看，液晶大体可分为两大类：热致液晶和溶致液晶。

1. 热致液晶

热致液晶是指单成分的纯化合物或均匀混合在温度变化下出现的液晶相。典型的长棒状有机化合物热致液晶的分子量一般在 $200 \sim 500 \text{g/mol}$ ，分子的轴比（长宽比）为 $4 \sim 8$ ，热致液晶中所有的分子对长程有序都具有同等的作用。

热致晶体在显示领域广泛应用。热致晶体物质随温度变化而引起的物质变化过程中存在两种变化形式，一种称为互变液晶，另一种称为单变型液晶。互变液晶的变化过程为：晶体 $\xrightarrow{T_1}$ 液晶相 $\xrightarrow{T_2}$ 各向同性液体，当相变温度为 T_1 和 T_2 时，会产生可逆相变，通常用于液晶

显示器件的多为互变型液晶。单变型液晶的变化过程为：晶体 $\xrightarrow{T_1}$ 各向同性液体，在相



变中，只有液体冷却才能形成液晶相，单变型液晶则可用作具有存储效应的液晶显示器件。

改变温度或从外部施以不同形式的能量（例如电场、磁场）会引起液晶分子自由能的改变，液晶的光学性质也随之发生改变，从而实现液晶显示。

热致液晶因分子排列状态不同可分为向列相（nematic）液晶（又称线状液晶）、近晶相（smectic）液晶（又称层状液晶）、胆甾相（cholesteric）液晶三类。

“向列相”这个词的意思就是线状，源于希腊文“ $\nu\eta\mu\alpha$ ”，在偏光显微镜下观察时可以看到很多的线状光学图案。“近晶相”这个词的原意是脂类或黏土，来源于希腊文“ $\sigma\mu\epsilon\gamma\mu\alpha$ ”，在偏光显微镜下呈特殊的光学图案。“胆甾相”则是由于它们大多是胆固醇衍生物的缘故。图 1-1-2 为向列相、近晶相、胆甾相液晶示意图。

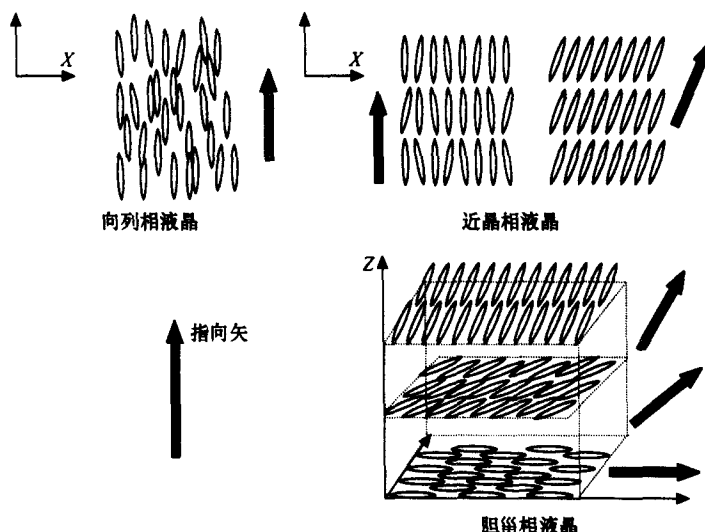


图 1-1-2 向列相、近晶相、胆甾相液晶示意图

(1) 向列相液晶

向列相液晶由长径比很大的棒状分子所组成，分子质心没有长程有序性，具有类似于普通液体的流动性，分子排列成层，它能上下、左右、前后滑动，只在分子长轴方向上保持相互平行或近于平行，分子间短程相互作用力很微弱。

在偏光显微镜下向列相液晶常见的结构图是线状的，所以又称线状液晶。从宏观上看，向列相液晶由于其液晶分子中心混乱无序，并可在三维范围内移动，可以像液体一样流动，所有液晶分子的长轴大体指向一个方向，使向列相液晶具有单轴晶体的光学特性，向列相液晶在电学上具有明显的介电各向异性，这样可以利用外加电场对具有各向异性的向列相液晶分子进行控制，改变原有的分子排列方式，从而改变液晶的光学性能，实现液晶对外界光的调制，达到显示的目的。

向列相液晶这种明显的电学、光学各向异性，加上其黏度较小，使向列相液晶成为现在 TFT 液晶显示器常用的 TN (Twisted Nematic) 型液晶。

(2) 近晶相液晶

近晶相液晶的结构是由液晶棒状或条状分子组成，分子排列成层，每一层液晶分子的长轴方向相互平行，并且液晶分子长轴的方向对于每一层是垂直或有一倾斜角，分子的重心位于同一平面内，这些分子层又相互堆垛起来，但是在同一分子层内分子的间距没有规则性，

因分子排列整齐,其规整性接近于晶体,故近晶相分子存在二维位置有序。近晶相液晶的层与层之间结合不很牢固,使得分子层比较柔软,因此层面往往是弯曲的。会因温度的升高而断裂,层与层间较易滑动,但是每一层的液晶分子结合较强,层内分子长轴互相平行,分子质心位置在层内无序,可以自由平移,具有流动性,但黏度很大,不易被打断,用手摸有肥皂的滑腻感,在光学上具有正性双折射,由于分子长轴与层面角度的不同,有时具有双轴光学特性。而其结构中一层一层液晶分子,除了每一层的液晶分子都具有倾斜角度之外,一层一层之间的倾斜角度还会形成像螺旋的结构。

以近晶相液晶来说,由于其液晶分子会形成层状的结构,因此又可就其指向矢的不同再分出不同的近晶相液晶。因为它的高度有序性,近晶相经常出现在较低温度区域内,目前已发现十六种近晶相,最常见的是 SA、SB、SC。

(3) 胆甾相液晶

胆甾相液晶是因其来源于胆甾醇衍生物而得名,此类液晶分子呈扁平状,排列成层,层内分子互相平行,分子长轴平行于层平面,不同层的分子长轴方向稍有变化,沿层的法线方向排列成螺旋状结构。胆甾相液晶的螺距约为 300nm,与可见光波长同一量级,这个螺距会随外界温度、电场条件不同而改变,因此可用调节螺距的方法对外界光进行调制。

胆甾相液晶在显示技术中十分有用,它大量用于向列相液晶的添加剂,它可以引导液晶在液晶盒内形成沿面 180° 、 270° 等扭曲排列,制成超扭曲 (STN) 显示。

近年来,利用胆甾相液晶的旋光性、选择性、光散射性、圆偏振二色性等特性开发出多种新型显示器件。

2. 溶致液晶

溶致液晶是将一种溶质溶于一种溶剂而形成的液晶态物质。溶致液晶广泛地存在于自然界,特别是生物体内,它不仅广泛地应用于人类生活的各个领域,而且在生物物理、生物化学和仿生学领域也深受注目。很多生物体的构造,如大脑、神经、肌肉、血液等生命物质或生命的新陈代谢、知觉、信息传递等生命现象都与这种液晶态有关。因此溶致液晶在未来的生物电子工程、生命组织的人工合成领域也备受重视。

溶致液晶至少有两个组成部分。其中的溶致液晶分子大多是既具有一个亲水性集团,又具有一个疏水性集团的双亲性分子。典型的溶致液晶是碱金属脂肪酸盐类的脂肪酸钠肥皂或是十二烷基磺酸钠类的磺酸钠肥皂。将这些肥皂溶成较浓的水溶液就形成了溶致态液晶。这种溶致液晶态物质在不同浓度下会形成所谓的核心相的层相。核心相是由球开或圆柱形分子团排列构成;层相则是由一层肥皂分子、一层水分子组成的夹层态构成,类似某种近晶相。

有些溶致液晶的溶剂也可以是有机溶液。例如,某些芳香族聚酰胺、核酸等刚性高分子浓度达到一定值以上时就会形成某种液晶态。从这些液晶态物质中纺出的人造纤维其强度比通常的人造纤维高几倍至几十倍。这类溶致液晶与热致液晶一样,也具有各向异性晶体所特有的光学双折射性。

1.1.4 液晶的物理特性

1. 有序参量

向列相液晶是圆柱对称的,即体系中存在一根轴线,平行于该轴的方向(分子长轴)向

列相的各种物理参量为一组数值，而垂直于该轴线的方向（分子短轴）则是另一组数值，通常称这根轴线为主轴，如图 1-1-3 所示。

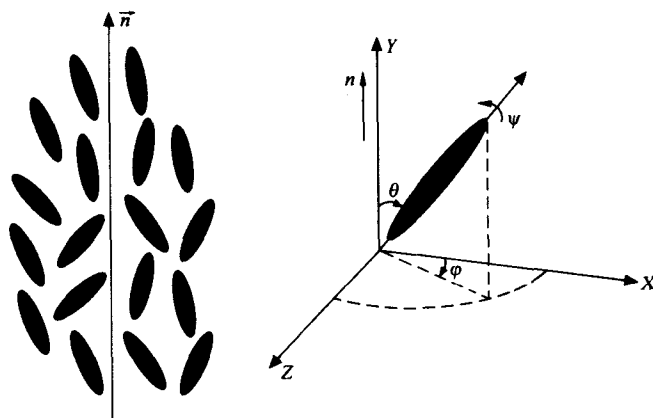


图 1-1-3 向列相液晶的有序参量示意图

向列相液晶一般都是由近乎刚性的棒状分子构成，液晶分子长轴排列并非同一方向，而是服从一定的统计规律，为了描述整个向列相液晶体系中所有分子作为整体时相对于主轴的取向程度，引入了有序参量 S 这个物理量，即

$$S = \frac{1}{2}(3\cos^2\theta)$$

式中， θ 是每个液晶分子长轴与指向矢 n 之间的夹角，液晶的有序参量 S 的值一般在 $0.3 \sim 0.8$ ， $S=0$ 表示是各向同性的液体， $S=1$ 表示所有分子都互相平行。

有序参量 S 与液晶材料、温度有关，它具有负温度系数特性，当温度上升时，有序参量 S 下降，这就是液晶器件在温度上升后显示质量会下降的原因。 S 的大小直接影响折射率、介电常数、磁化率等各向异性的大小。

2. 液晶的各向异性

(1) 介电常数各向异性 $\Delta\epsilon$

介电常数反映了液晶分子在电场作用下介质极化的程度， $\Delta\epsilon$ 的数值可正可负。通过实验发现：在外加电场的作用下，不同类型的液晶分子，液晶分子的长轴偏向于平行或垂直于分子电偶极矩（电场的方向）。

我们把偶极矩平行于分子长轴的一类液晶称为正性液晶（ N_F ），垂直于分子长轴的那一类液晶称为负性液晶（ N_N ）。这两类液晶的电光效应是不同的，在大部分 LCD 显示屏中，我们加入的是正性液晶。

(2) 电阻率 ρ 和电导率 σ

一般热致液晶具有非离子的结构，所以它的电导率总是很低的，这反映了在向列相液晶中离子沿分子轴方向的运动比垂直于分子轴方向的运动容易得多，而在近晶相液晶中，离子运动在分子层隙间比较容易，所以可以从液晶导电各向异性的变化分析液晶状态所经历的变化。

液晶的电阻率 ρ 的数量级一般为 $10^8 \sim 10^{12} \Omega/\text{cm}^2$ ，它接近于半导体和绝缘体的边界。在制备液晶盒时，电阻率 ρ 常作为液晶纯度的表征量， ρ 小表示杂质离子较多，也即液晶的纯度较差，一般 $\rho < 10^{10} \Omega/\text{cm}^2$ 就可以认为不纯了（特别是无机杂质离子对 ρ 影响严重），当 ρ 处于 $10^8 \sim 10^{10} \Omega/\text{cm}^2$ 时，在外加强电场作用下，会引起液晶这类有机化合物的电化学分解，