

# 液晶显示器的结构分析与故障维修

黄悦好  
(珠海市高级技工学校)

**摘要:** 文章主要介绍液晶显示器、液晶显示板的原理、结构分析, 以及其故障分析及维修实例。  
**关键词:** 液晶; 结构; 原理; 故障维修

## The Structure Analysis and Troubleshooting of LCD

Huang Yuehao  
(Zhuhai Polytechnic)

**Abstract:** This article mainly introduces the principle, structure analysis, and troubleshooting of LCD and LCD panel.  
**Key words:** LCD; structure; principle; troubleshooting

随着技术的发展和人们要求的不断提高, 人们对传统的阴极射线管(CRT)显示器体积大、重量大和功耗大的缺点越来越不满意。特别是在便携式、小型化和低功耗的应用中, 人们期望着体积小、重量轻和功耗小的平板显示器的出现。在这种需求的推动下, 液晶平板显示器(LCD)首先应运而生。由于LCD具有轻薄短小、低功耗、无辐射, 平面直角显示以及影像稳定不闪烁等多方面的优势, 在近年来价格不断下跌的吸引下, 占领了相当大的市场, 逐渐取代了CRT的主流地位。

### 1 液晶显示器的构成

LCD是在液晶板上加上相应的驱动板(也称主板, 注意不是液晶面板内的行列驱动电路)、电源板、高压板、按键控制板等, 构成的一台完整的LCD。图1所示是LCD的组成框图。

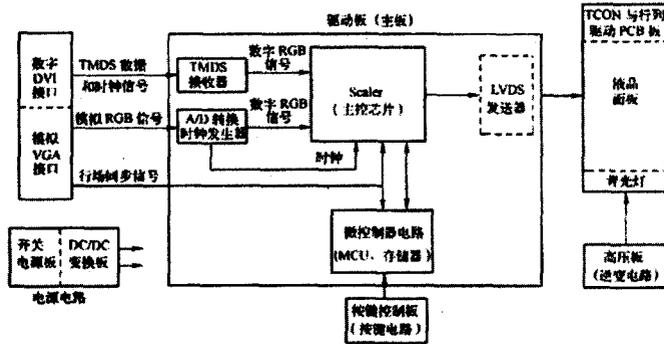


图1 LCD的组成框图

#### 1.1 电源部分

LCD的电源电路分为开关电源和DC/DC变换器两部分。其中, 开关电源是一种AC/DC变换器, 其作用是将市电交流220V或110V转换成12V直流电源(有些机型为14V、18V、24V或28V), 供给DC/DC变换器和高压板电路; DC/DC直流变换器用以将开关电源产生的直流电压(如12V)转换成5V、3.3V、2.5V等电压, 供给驱动板和液晶面板等使用。

#### 1.2 驱动板(主板)部分

驱动板也称主板, 是LCD的核心电路, 主要由以下几个部分构成:

(1) 输入接口电路。LCD一般设有传输模拟信号的VGA接口(D-Sub接口)和传输数字信号的DVI接口。其中, VGA接口用来接收主机显卡输出的模拟R、G、B和行场

同步信号; DVI接口用于接收主机显卡TMDS(最小化传输差分信号)发送器输出的TMDS数据和时钟信号, 接收到的TMDS信号需要经过LCD内部的TMDS接收器解码才能加到Scaler电路中, 不过, 现在很多TMDS接收器都被集成在Scaler芯片中。

(2) A/D转换电路。A/D转换电路用以将VGA接口输出的模拟R、G、B信号转换为数字信号, 然后送到Scaler电路进行处理。早期的LCD, 一般单独设立一块A/D转换芯片(如AD9883、AD9884等), 现在生产的LCD, 大多已将A/D转换电路集成在Scaler芯片中。

(3) 时钟发生器(PLL锁相环电路)。时钟产生电路接收行同步、场同步和外部晶振时钟信号, 经时钟发生器产生时钟信号, 一方面送到A/D转换电路, 作为取样时钟信号; 另一方面送到Scaler电路进行处理, 产生驱动LCD屏的像素时钟。另外, LCD内部各个模块的协调工作也需要在时钟信号的配合下才能完成。显示器的时钟发生器一般均由锁相环电路进行控制, 以提高时钟的稳定度。

(4) Scaler电路。Scaler电路的名称较多, 如图像缩放电路、主控电路、图像控制器等。Scaler电路的核心是一块大规模集成电路, 称为Scaler芯片, 其作用是对A/D转换得到的数字信号或TMDS接收器输出的数据和时钟信号, 进行缩放、画质增强等处理, 再经输出接口电路送至液晶面板, 最后, 由液晶面板的时序控制IC(TCON)将信号传输至面板上的行列驱动IC。

(5) 微控制器电路。主要包括MCU(微控制器)、存储器等, 其中, MCU用来对显示器按键信息(如亮度调节、位置调节等)和显示器本身的状态控制信息(如无输入信号识别、上电自检、各种省电节能模式转换等)进行控制和处理, 以完成指定的功能操作。存储器(这里指串行EEPROM存储器)用于存储LCD的设备数据和运行中所需的数据。

(6) 输出接口电路。驱动板与液晶面板的接口电路有多种, 常用的主要有以下三种: 1) 是并行总线TTL接口, 用来驱动TTL液晶屏。根据不同的面板分辨率, TTL接口又分为48位或24位并行数字显示信号。2) 是现在十分流行的低压差分LVDS接口, 用来驱动LVDS液晶屏。与TTL接口相比, 串行接口有更高的传输率, 更低的电磁辐射和电磁干扰, 并且, 需要的数据传输线也比并行接口少很多, 所以, 从技术和成本的角度, LVDS接口都比TTL好。需要说明的是, 凡是具有LVDS接口的LCD, 在主板一般需要一块LVDS发送芯片(有些可能集成在Scaler芯片中), 同时, 在液晶面板中应有一块LVDS接收器。

3) 是RSDS(低振幅信号)接口,用来驱动RSDS液晶屏,采用RSDS接口,可大大减少辐射强度,产品更加健康环保,并可增强EMI抗干扰能力,使画质更加清晰稳定。

### 1.3 按键板部分

按键电路安装在按键控制板上,另外,指示灯一般也安装在按键控制板上。

按键电路的作用就是使电路通与断,当按下开关时,按键电子开关接通;手松开后,按键电子开关断开。按键开关输出的开关信号送到驱动板上的MCU中,由MCU识别后,输出控制信号,去控制相关电路完成相应的操作和动作。

### 1.4 高压板部分

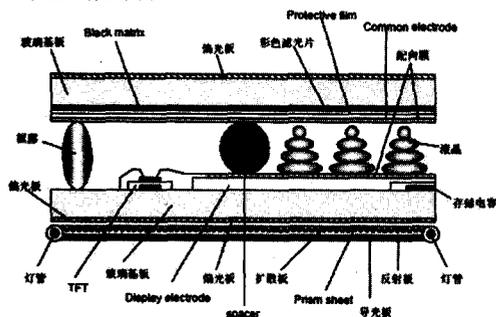


图1

高压板俗称高压条(因为电路板一般较长,为条状),有时也称为逆变电路或逆变器,其作用是将电源输出的低压直流电压转变为液晶板(Panel)所需的高频的600V以上高压交流电,点亮液晶面板上的背光灯。高压板主要有两种安装形式:1)专设一块电路板;2)和开关电源电路安装在一起(开关电源采用机内型)。

### 1.5 液晶面板(Panel)部分

液晶面板是LCD的核心部件,主要包含液晶屏、LVDS接收器(可选, LVDS液晶屏有该电路)、驱动IC电路(包含源极驱动IC与栅极驱动IC)、时序控制IC(TCON)和背光源。

## 2 TFT液晶面板的组成

### 2.1 液晶显示板的常见分类

常见的LCD按物理结构分为4种:1)扭曲向列型(TN, Twisted Nematic);2)超扭曲向列型(STN, Super Twisted Nematic);3)双层超扭曲向列型(DSTN, Dual Scan Tortuosity Nomograph);4)薄膜晶体管型(TFT, Thin Film Transistor)。其中TN型即将被淘汰,STN和TFT型已经成熟普及。

### 2.2 TFT液晶显示板的结构分析

液晶显示板主要由玻璃基板、配向膜、液晶体、TFT、存储电容、框胶、spacer[3]、black matrix[4]、彩色滤光片等组成。TFT液晶显示板的切面结构图如下图所示。

(1) 玻璃基板与配向膜。上下两层玻璃主要是夹住液晶用的。如图1中,在下面的那层玻璃装有TFT,而上面的那层玻璃则贴有彩色滤光片(Color filter)。如图2中所示这两片玻璃在接触液晶的那一面,并不是光滑的,而是有锯齿状的沟槽。这个沟槽的主要目的是希望长棒状的液晶分子,会沿着沟槽排列。这样液晶分子的排列才会整齐。如果是光滑的平面,液晶分子的排列便会不整齐,造成光线的散射,形成漏光的现象。图1中配向膜(也叫定向膜)的功用就像下图中玻璃的凹槽一样,提供液晶分子呈均匀排列的接口条件,让液晶依照预定的顺序排列。

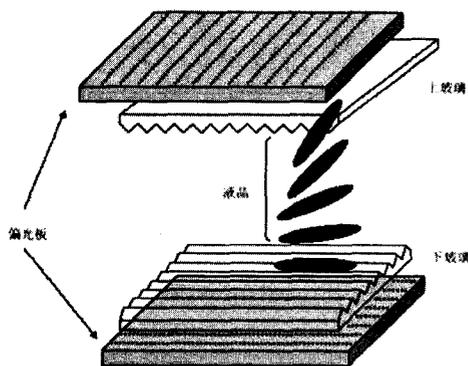


图2

(2) 液晶体。液态晶体具有光学性质。它在某一特定温度范围内,同时具有液体及固体的特性。液晶体在不同的温度条件下,有四种状态,即固态(结晶态)、液晶、液态和气态。液晶用于制作显示器主要是因为它的分子排列受电场的控制,而液晶的透光性与分子的排列有关。液晶在自然状态时,其分子的排列是无规律的,当受到外电场的作用时,其中分子的排列也随之变化。液晶特性中最重要的就是液晶的介电系数与折射系数。介电系数是液晶受电场的影响决定液晶分子转向的特性,而折射系数则是光线穿透液晶时影响光线行进路线的重要参数。而LCD就是利用液晶本身的这些特性,适当地利用电压,来控制液晶分子的转动,进而影响光线的行进方向,来形成不同的灰阶,作为显示影像的工具。

液晶体本身是不发光的,在图像信号电压的作用下,液晶板上不同部位的透光性不同。每一瞬间(一帧)的图像相当于一幅电影胶片,在光照的条件下才能看到图像。因此在液晶板的背部要设有一个矩形平面光源,有时又称它为背光板。背光板为显示器提供一个高亮度,而且亮度分布均匀的光源。

(3) TFT。图1中的TFT实际上是一个电子开关。如下图所示,每个像素单元薄膜晶体管栅极的控制信号是由横向设置的X轴提供,X轴提供的是扫描信号,Y轴为薄膜晶体管提供数据信号,数据信号是视频信号经处理后形成的。当图像数据信号(Y轴提供)加到TFT的源极,扫描信号(X轴提供)加到栅极时,该TFT就导通,源极的图像数据信号电压通过TFT加到与漏极相连的像素电极(Display electrode)上,于是像素电极与公共电极之间的液晶体便受到Y轴图像信号电压的控制,把图像信号显示出来。Y电极

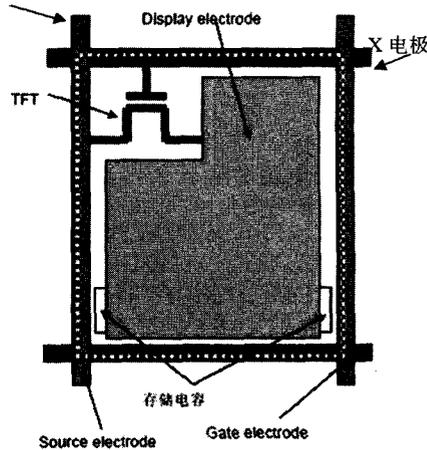


图3

(4) 存储电容。图1中的存储电容主要目的是让充好的电压能保持到下一次更新画面的时候,以保证所显示

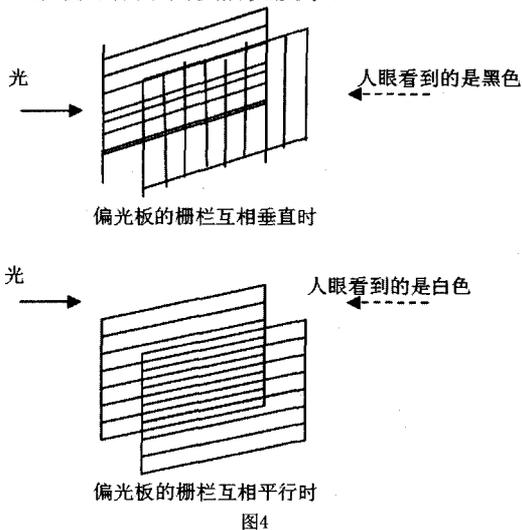
的灰阶正确。因为，虽然在上下两层玻璃间夹着液晶，会形成平行板电容器，它的大小约为0.1pF，但这个电容并无法将电压保持到下一次再更新画面数据的时候。这样一来，电压有了变化，所显示的灰阶就会不正确。

(5) 框胶与spacer。框胶的用途就是为了让液晶面板中的上下两层玻璃能够紧密黏住，并且使面板中的液晶分子与外界隔绝，所以框胶是围绕于面板四周，将液晶分子框限于面板之内的。而spacer主要是提供上下两层玻璃的支撑，它必须均匀地分布在玻璃基板上，不然一但分布不均造成部分spacer聚集在一起，反而会阻碍光线通过，也无法维持上下两片玻璃的适当间隙，会成电场分布不均的现象，进而影响液晶的灰阶表现。

(6) black matrix。图1中black matrix(黑色基质)的作用是遮蔽光线，以免干扰到其它透光区域的正确亮度。当光线经由背光板发射出来时，并不是所有的光线都能穿过面板，比如给LCD的数据驱动芯片及扫描驱动芯片用的信号走线、TFT和储存电容等等。这些地方除了不完全透光外，还因为经过这些地方的光线并不受到电压的控制，而无法显示正确的灰阶，所以都需利用black matrix加以遮蔽，以免干扰到其它透光区域的正确亮度。

(7) 彩色滤光片。彩色滤光片是由R(红)、G(绿)、B(蓝)栅条组成的滤波器。把R、G、B三种颜色，分成独立的三个点，各自拥有不同的灰阶变化，然后把邻近的三个R、G、B显示的点，当作一个显示的基本单位，也就是像素。这一个像素就可以拥有不同的色彩变化了。这样当光穿过滤光片，就可以看到彩色光。

(8) 偏光板。偏光板的作用就像是栅栏一般，会阻隔掉与栅栏垂直的分量，只准许与栅栏平行的分量通过。如果我们拿起一片偏光板对着光源看，会感觉像是戴了太阳眼镜一般，光线变得较暗。如果把两片偏光板迭在一起，当旋转两片的偏光板的相对角度，会发现随着相对角度的不同，光线的亮度会越来越暗。当两片偏光板的栅栏角度互相垂直时，光线就完全无法通过了。(如下图4)LCD就是利用这个特性来完成的。利用上下两片栅栏互相垂直的偏光板之间，充满液晶，再利用电场控制液晶转动，来改变光的行进方向，如此一来，不同的电场大小，就会形成不同灰阶亮度了。



### 3 液晶显示原理

在两片玻璃基板上装有配向膜，所以液晶会沿着沟槽配向，由于玻璃基板配向膜沟槽偏离90°，所以液晶分子成为扭转型，当玻璃基板没有加入电场时，光线透过

偏光板跟着液晶做90°扭转，通过下方偏光板，液晶面板显示白色；当玻璃基板加入电场时，液晶分子产生配列变化，光线通过液晶分子空隙维持原方向，被下方偏光板遮蔽，光线被吸收无法透出，液晶面板显示黑色。LCD便是根据此电压有无，使面板达到显示效果。

## 4 故障现象的分析和维修

### 4.1 升压板损坏出现的故障

升压板的作用就是点亮灯管，以产生背景照亮灯。灯管如同日光管一样，其内部充满了氖气，要想让它发光，必须在其未点亮前产生1500V的高压来击发内部的气体，一旦气体导通后，则必须要有600~800V电压、9mA左右的电流供其发光。升压板主要功能就是将主板上的低压直流电(一般是十几V，或是5V)通过开关斩波变为高频交变电流，然后通过高频变压器升压，以达到点亮灯管的电压。

高压板的电源和信号来自于主板，一般有这么几根线与主板相连：电源V+、电源地G、开关信号S、亮度信号F(有的没有)。当机器通电后，电源供电，开关信号S启动开关振荡电路，开关管工作，变压器提升电压，点亮灯管。

升压板主要由脉宽产生IC(包含振荡/控制/反馈等外围电路)、供电控制电路、自激振荡产生器、反馈取样电路等组成。

脉宽产生IC主要是负责产生矩形脉冲信号，并随着亮度的调制而改变，用以调节12V至自激振荡器的供电大小，以产生随供电不同而不同的高压，供灯管发光。

供电控制电路，一般由几个三极管组成，随着主板的控制电压的有无，开通或切断脉宽IC的供电与否，达到控制整块升压板的目的。

自激振荡产生器主要产生灯管所需要的高压，当给它加入电压后，即可自激振荡，并产生逆变高压(即逆变器)，其加入的电压是12V经脉宽IC调制的。

反馈取样电路主要是收集自激输出及灯管低压线的电压与电流的大小，并反馈至脉宽IC，用以稳定或切断其脉宽输出。平时见到的LCD亮一下灭掉，就是反馈电路起作用导致脉宽无输出而引起的。如：反馈偏高、IC输出偏高、灯管线脱等均会导致这种问题。下面分析升压板引起的几种常见故障：

(1) 瞬间亮后马上黑屏。这种故障主要因为升压板反馈电路起作用而导致，如：高压过高使保护、反馈电路出现问题导致无反馈电压、反馈电流过大、灯管脚松脱、IC输出过高等等都会导致出现这种问题，原则上只要IC有输出、自激振荡正常，其它任何零件的不良均会导致该问题，这是LCD升压板不良引起的最常见的现象。维修时最主要的方法是：1) 短接法：一般情况下，脉宽调制IC中有一脚是控制或强制输出的，对地短路该脚，则IC将不受反馈电路的影响，强制输出脉冲波，此时升压板一般均能点亮，再进行电路测试。但要注意：因为此时具体故障点位还未找到，如果短路过久可能会导致一些异常的现象，比如：高压线路接触不良时，强制输出可能会导致线路打火而烧板！2) 对比测试法：因LCD灯管采用均为2个以上，多数厂家在设计时左右灯管均采用双路输出，即两个灯管对应相同的两个电路，此时，两个电路就可以采用对比测试法，以判定故障点位！

(2) 通电后灯亮但无显示。此问题主要为升压板线路不产生高压导致，如：12V未加入或电压不正常、控制电压未加入、接地不正常、IC无振荡/无输出、自激振荡电路产生不良等均会出现该现象！

(3) 三无。若因升压板导致该问题，则多数均为升压

板短路导致，一般很容易测到，如：12V对地、自激管击穿、IC击穿等均会导致。另外：电源部份或升压板线路做在同一块板的机子，则电源无输出或不正常等亦会产生，维修时可以先切断升压部份供电，确认是哪一方面的问题再进行维修。

(4) 亮度偏暗。升压板上的亮度控制线路不正常、12V偏低、IC输出偏低、高压电路不正常等均会导致该问题，部份可能伴随着加热几十秒后保护，产生无显示！

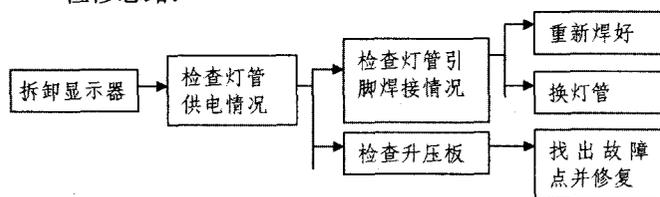
(5) 干扰。主要有水波纹干扰、画面抖动/跳动、星点闪烁(该现象少数，多数均为液晶屏问题)等，主要是高压线路的问题。

#### 4.2 灯管损坏引起的故障

灯管的老化、断路、开路都会造成暗屏和黑屏现象。灯管的寿命一般有5~7.5万小时，可以保证一个普通家庭正常使用10年。

#### 4.3 维修实例

检修思路：



例1. 型号：联想绍阳V系列。

故障现象：开机屏暗

故障分析：开机屏幕一片黑暗，在室外强光的照耀下可以看到进入WINDOWS，由此现象分析电脑主机没故障，故障可能出现在灯管或升压板。

故障检修与排除：把屏幕的保护框拆卸出来，找到高压板，把高压板绝缘胶拆下来。用专用的电压表测得灯管供电为0V，再用万用表测试主板供电给高压板的连接口位置，供电正常，怀疑是连接线的问题。把连接线拆出来后看到屏蔽线已经裂开，把屏蔽线都拆开发现有3根线已经断开了。再细心观察后才发现连接线曾经焊接过，现在再次断开的原因有可能是因为经常拨动屏幕，转动而把连接线弄断，或者是以前焊接的时候没把连接线延长并屏蔽不好，所以经常拨动屏幕就把连接线弄断了。问题找到后，找来3根线把断开的部分延长焊接好，用屏蔽线把线都包好后装回原位开机，灯管显示终于正常了。

例2. 型号：富士通的575笔记本电脑。

故障现象：显示屏很暗且发红

故障分析：重装系统和显卡驱动都不行，怀疑是升压板或灯管的故障。屏幕发红的原因有可能是升压板损坏导致电压不足，或者是背光灯管漏气引起汞蒸汽泄漏，就像我们的日光灯管有时也会出现灯管发红的现象一样。

故障检修与排除：首先拆掉电池，然后拆下硬盘，接着拆卸笔记本电脑的键盘、上面板、最后是液晶屏。把上面板后面的两个螺丝卸下来后，用一个小号的平嘴螺丝刀或是钝一点的小刀，慢慢地伸进上下面板的缝隙里，慢慢地将上面板撬开(有锁扣扣住)。卸下固定显示屏的上下面板上的螺丝后再撬开液晶屏的上面板就可见到液晶屏的内部结构。左面绿色的长方形电路板是升压电路板；中间那一块白色板子是灯管的散光板，背光灯管隐藏在散光板的上端。用万用表直流电压档测得电压是1.4万伏，证明升压板没问题。用一个平嘴螺丝刀分开液晶屏的保护边框，将液晶屏和散光板分开，就可见到一个直径约2mm、长约20多cm的灯管，用万用表欧姆档检查灯管引脚焊接情况良好。换上一个同类型的灯管后，

显示器正常工作。故障排除后按刚才拆卸的顺序和螺丝的数量按反顺序将笔记本电脑重再装好，通电后一切正常，故障排除。

例3. 型号：三凌液晶显示器RDT152A。

故障现象：按下电源开关，黑屏；关电源开关时，屏幕瞬间亮了一下，而后又出现黑屏。

故障分析：这种故障多为LCD高压板没有产生高压而引起。

故障检修与排除：先拆下后盖，测量灯管无高压，检测高压板电源引线SN1第6、7脚均为15V；查Q4、Q8的E极是15V，测Q4、Q8的C极为0V，其正常电压一般在9~12V之间。拆下Q4、Q8三极管测量无问题，说明这两个带开关调整作用的三极管受到保护，导致C极无电压输出。致使升压板无供电而无高压产生，出现LCD黑屏现象。拆除Q4、Q8，分别用个5W、50Ω的电阻串到Q4、Q8的E极、C极管脚上，这时通电试验，虽说有高压，LCD有光栅，但光度不理想，电阻发热厉害；再用两个三端稳压器7812，输入端接E极，输出端接C极，接地端接地，虽说光度有好转，但三端稳压用不了两个小时，很快烧掉，即使加散热板也无计可施。最后用两个小型单9V变压器经整流后，其正极接Q4或Q8的C极管脚上，接地端接地。LCD即正常工作。

注意事项：1) 一定要拆除Q4、Q8；2) 两个小变压器电压要一致，整流滤波电容2000μF以上；3) 变压器装焊在电源板与高压板之间的夹缝上。

例4：5. IBM T20笔记本。

故障现象：无背光有图像。

故障分析：故障点初步怀疑为高压板、屏线、灯管。

故障检修与排除：拆开显示器，用专用电压表测量灯管无高压，测量屏线BL电压为3V正常，更换高压板后既然无背光。经过仔细检查屏线接口，发现BL电压时有时无，ADJ电压0V。怀疑屏线损坏，拆开笔记本键盘，检查屏线插座接口的BL端和ADJ电压正常，可以肯定笔记本主板无问题，可能是屏线断线造成的无背光故障。用免去漆焊线直接飞线到屏线的高压板插座，通电侧电压恢复正常。接好高压板灯管后背光恢复正常。

#### 4.4 维修心得

(1) 维修时要注意防静电。

(2) 每一步检测都要细心、排除各配件后方可对主板进行修理。

(3) 液晶显示板的玻璃很薄，注意不要被重压，要保持板面清洁。

(4) 不要打开液晶显示板，除非你打算报废它。

(5) 打开LCD时要注意用巧劲，不能硬来。

#### 参考文献：

- [1] 韩广兴. 液晶和等离子体电视机原理与维修[M]. 北京:电子工业出版社, 2007.
- [2] 余凤翎, 陈建尹, 等. 家用电子产品维修培训教程[M]. 广州:广东经济出版社, 2007.
- [3] 欧易科技有限公司LCD液晶生产销售部.LCD液晶原理大剖析[G].