

YIYONGXXIANDIAN  
SHIYUANLIYUWEIXIU



段景祥 编著

医用X线电视原理与维修

中国科学技术出版社

## 前 言

影象增强电视机（俗称X线电视）与民用电视机一样，经历了一个由电子管、晶体管分立元件和晶体管集成化到现代的超大规模集成化的过程。例如其中的同步机，早期的电子管时代，庞大笨重，进入晶体管时代后，工业电视的同步机缩小为几块电路板，采用数字集成化电路后，一个标准的黑白电视同步机缩小得仅为一块很小的单板，而目前出现的超大规模集成化同步机，更是缩小成一块集成电路大小。日本东芝、中国西安等已使用HD440072单片机，是与黑白电视同步机通用的超大规模集成块。

读者可能对电视机、X线机、计算机等电子技术相当熟悉，这是学习影象增强电视的有利条件，如果没有从事过或专门学习过影象增强电视，就不会熟练地修理和掌握它，因为该装置有它的独特之处，要建立一个系统的整体概念这是非常重要的。随着影象增强电视的普及，修理人员以及教学单位也急需一些有关增强电视的技术书籍，就目前来讲，还没有一本有关影象增强电视系统的正式出版读物。这是因为我国早期都是进口货，且数量少，近十年虽然有不少厂家以模仿为主进行生产，但主要部件仍是靠进口，如增强管、摄像管。虽然各地也办过不少有关影象增强电视的学习班，但材料极为缺乏。为此，编写了这本普及读物以供有关人员学习参考。

本书是以匈牙利EDR—750B型影象增强电视作为典型线路,全面细致地分析了影象增强电视的原理与维修知识。因为EDR—750B 机器比较典型,基本上具备了所有影象增强电视的特点,即:

1. 既有电子管电路,又有半导体分立元件和集成电路。
2. 具有可变视野的影象增强器。
3. 具有靶压自动控制。
4. 具有黑斑补偿电路和圆消隐电路。
5. 包括X线机在内均具有先进的电子化很高的控制电路。

在第十章,又专门对西安 504 所的X 线电视进行了整机电路分析、安装、调试。它是国内目前结构简单、图象清晰的X线电视。

只要读者对该机原理熟悉,就可对其它机器起到举一反三、触类旁通的作用。对于本机没有的部分,书内对原理也做了叙述。即使无 EDR—750B 型机器和西安 504 所机器,照样可以学习本书的影象增强电视的原理。

对于维修部分,本书对各部分易发生的故障作了举例和分析,它不同于“医用 X 线机与X线电视故障 300 例”一书是以故障现象着手分析,而是从整机的某一单元易发生的故障入手。这样读者可结合 300 例一书从不同角度上去加深对影象增强电视的原理、器件加以理解吸收,从而得到启发。

由于作者水平有限,错误之处一定不少,恳请前辈和同道给予批评指导,在此表示谢意。

# 目 录

|                                         |    |
|-----------------------------------------|----|
| 第一章 X线电视的特点与结构 .....                    | 1  |
| 第一节 X线电视的特点与分类 .....                    | 1  |
| 第二节 X线电视的组成 .....                       | 16 |
| 第三节 X线电视信号的形成 .....                     | 18 |
| 第二章 影象增强系统 .....                        | 25 |
| 第一节 增强管的构造与工作原理 .....                   | 28 |
| 一、增强管的构造 .....                          | 28 |
| 二、普通增强管的工作原理 .....                      | 30 |
| 三、可变视野增强管的工作原理 .....                    | 30 |
| 第二节 增强管的技术参数 .....                      | 35 |
| 第三节 应用增强管注意事项 .....                     | 44 |
| 第四节 增强管的调整与检验 .....                     | 46 |
| 第五节 EDR—750B型X线电视的可变视野<br>增强器电路分析 ..... | 47 |
| 第六节 增强器系统的故障与维修 .....                   | 51 |
| 第三章 光学系统 .....                          | 57 |
| 第一节 串列式镜头的原理与应用 .....                   | 57 |
| 第二节 光耦合分配器的原理与应用 .....                  | 64 |
| 第三节 串列式镜头的调整方法 .....                    | 73 |
| 第四节 光学系统的故障与维修 .....                    | 77 |
| 第四章 摄象机系统 .....                         | 80 |
| 第一节 摄象机的功能与结构 .....                     | 80 |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| <b>第二节 摄像管的结构与工作原理</b> | 83  |
| 一、正析摄像管工作的原理           | 84  |
| 二、超正析摄像管的结构与工作原理       | 88  |
| 三、视象管的结构与工作原理          | 93  |
| 四、光导摄像管的结构与工作原理        | 96  |
| 五、摄像管的技术参数             | 100 |
| 六、使用摄像管的注意事项           | 110 |
| <b>第三节 聚焦与偏转原理</b>     | 116 |
| 一、电荷在电场中的受力方向          | 116 |
| 二、电子透镜的形成              | 119 |
| 三、静电聚焦与偏转              | 119 |
| 四、磁电式聚焦原理              | 123 |
| 五、电子在磁场中的位移原理          | 126 |
| 六、摄像机采用的聚焦与偏转系统        | 127 |
| <b>第四节 图象的位移与转换原理</b>  | 131 |
| 一、图象位移原理               | 131 |
| 二、图象转换原理               | 136 |
| <b>第五节 摄像机电路分析</b>     | 144 |
| 一、摄像管电路                | 145 |
| 二、行扫描电路                | 145 |
| 三、场扫描电路                | 149 |
| 四、摄像管保护电路              | 152 |
| 五、前置放大电路               | 154 |
| <b>第六节 摄像机系统的故障与维修</b> | 154 |
| <b>第五章 中心控制器系统</b>     | 159 |
| <b>第一节 同步机</b>         | 159 |
| 一、同步机的功能与组成            | 159 |
| 二、EDR-750B型X线电视同步机电路分析 | 170 |

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| 第二节 圆消隐电路 .....                | 176 |
| 一、圆消隐原理 .....                  | 177 |
| 二、圆光栅位移原理 .....                | 188 |
| 三、EDR—750B型X线电视圆消隐电路分析 .....   | 193 |
| 第三节 黑斑补偿电路 .....               | 196 |
| 一、产生黑斑的原因 .....                | 196 |
| 二、怎样进行黑斑补偿 .....               | 197 |
| 三、黑斑补偿电路分析 .....               | 200 |
| 第四节 主视放电路 .....                | 201 |
| 一、AGC电路 .....                  | 203 |
| 二、孔兰效应调整电路 .....               | 205 |
| 三、黑、白电平切割(调节)电路 .....          | 214 |
| 四、错位电路 .....                   | 215 |
| 五、 $\gamma$ 校正(灰度等级校正)电路 ..... | 220 |
| 六、全电视信号形成电路 .....              | 229 |
| 七、EDR—750B型X线电视主视放电路分析 .....   | 234 |
| 第五节 中心控制器的故障与维修 .....          | 239 |
| 第六章 监视器系统 .....                | 243 |
| 第一节 概述 .....                   | 243 |
| 第二节 显象管 .....                  | 245 |
| 一、显象管的结构与工作原理 .....            | 245 |
| 二、显象管的技术参数 .....               | 250 |
| 三、使用显象管注意事项 .....              | 258 |
| 四、怎样鉴别显象管 .....                | 259 |
| 第三节 偏转线圈 .....                 | 265 |
| 一、电磁偏转的基本原理 .....              | 265 |
| 二、偏转线圈的结构 .....                | 267 |
| 三、电子束中心位移调节器 .....             | 267 |

|                                  |                            |     |
|----------------------------------|----------------------------|-----|
| 第四节                              | 同步分离与视频放大 .....            | 270 |
| 第五节                              | 扫描电路与线性补偿 .....            | 274 |
| 一、场扫描电路 .....                    |                            | 275 |
| 二、水平扫描电路 .....                   |                            | 285 |
| 第六节                              | EDR—750B型X线电视监视器电路分析 ..... | 286 |
| 一、行扫描电路 .....                    |                            | 298 |
| 二、场扫描电路 .....                    |                            | 299 |
| 三、未级视放电路 .....                   |                            | 301 |
| 第七节                              | 监视器的故障与维修 .....            | 302 |
| 第七章                              | 电源系统 .....                 | 316 |
| 第一节                              | 各单元供电电路分析 .....            | 316 |
| 一、增强管的供电 .....                   |                            | 316 |
| 二、摄像管的供电 .....                   |                            | 327 |
| 三、显象管的供电 .....                   |                            | 330 |
| 四、电子管的供电 .....                   |                            | 331 |
| 五、半导体三极管和集成块的供电 .....            |                            | 333 |
| 六、EDR—750B型X线电视监视器电源供给系统分析 ..... |                            | 338 |
| 第二节                              | 电源系统的故障与维修 .....           | 340 |
| 第八章                              | X线剂量自动控制装置 .....           | 344 |
| 第一节                              | X线自动控制原理与分类 .....          | 344 |
| 第二节                              | 毫安自动控制原理 .....             | 345 |
| 第三节                              | KV自动控制原理 .....             | 358 |
| 第四节                              | X线自动控制系统的故障与维修 .....       | 365 |
| 第九章                              | X线电视系统的安装与调试 .....         | 369 |
| 第一节                              | X线电视系统的安装 .....            | 369 |
| 第二节                              | X线电视系统的调试 .....            | 379 |
| 一、圆光栅的调整 .....                   |                            | 379 |

|                                              |     |
|----------------------------------------------|-----|
| 二、黑斑补偿的调整 .....                              | 382 |
| 三、图象清晰度的调整 .....                             | 383 |
| 四、X线管位置和聚光器范围的调整 .....                       | 389 |
| 五、加滤线器以改变图象分辨率 .....                         | 390 |
| 六、mA自动控制的调整 .....                            | 391 |
| 七、kV自动控制的调整 .....                            | 391 |
| 八、X线剂量的设定 .....                              | 393 |
| 第三节 EDR—750B型X线电视系统的调整 .....                 | 394 |
| 一、中心监视器通电检查 .....                            | 394 |
| 二、中心监视器的调试 .....                             | 395 |
| 三、增强器可变图象的调整 .....                           | 398 |
| 第十章 西安XTV—ZHD5401 I型机电电视电路分析、<br>安装与调试 ..... | 400 |
| 一、技术指标 .....                                 | 402 |
| 二、具体电路分析 .....                               | 403 |
| (一) 增强器 .....                                | 404 |
| (二) 摄象机系统电路 .....                            | 404 |
| (三) 中心监视器 .....                              | 411 |
| (四) 透视自动亮度 (I·B·S) KV控制器 .....               | 423 |
| 三、电视系统的安装 .....                              | 426 |
| 四、电视系统的调试 .....                              | 428 |
| (一) 单元调试 .....                               | 429 |
| (二) 联合调试 .....                               | 436 |
| (三) 该机故障 .....                               | 438 |
| 第十一章 X线电视的附属装置 .....                         | 442 |
| 附录 修理X线电视十三忌 .....                           | 445 |
| 外国电容容量识别方法 .....                             | 446 |

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 电视部件故障一览表 .....      | 419 |
| 电视故障现象一览表 .....      | 453 |
| X线电视常用英文缩写英汉对照 ..... | 460 |

# 第一章 X线电视的特点与结构

## 第一节 X线电视的特点与分类

一般地说，电视系统可分为两大类：即广播电视系统和工业电视系统。广播电视系统已为大家所熟悉，它是由电视台以无线电波的形式发射出新闻、文艺等节目的图象，人们通过接收机在屏幕上观看这些节目。工业电视（简称 ITV），是在一定的区域范围内形成的电视信号的传输系统，它广泛用于工业、农业、生产试验、科研、教学、医疗、通讯、军事等各个部门。这些电视信号是通过电缆传输的，所以称为闭路电视。有的也用电磁波传输，称为开路电视。

X线电视是工业电视的一种，采用闭路传输方式。这是工业电视在医疗上应用最早至今最复杂也是比较完善的设备。X线电视是在不可见光X线的作用下工作，由增强管将不可见光转换为可见光，再由摄象机转换为电信号并进行放大、处理，由电缆输送到监视器屏幕显示出人体各部位的组织结构，供医生诊断和观察。这套完整设备称为X线电视（英文缩写 XTV），它不是一下子发展起来的，早在1939年，由美国 R. H. Morgan 提出用电视观察X线透视的方案。1948年，K. marshall 作了超正析摄象管摄取荧光屏上X线影象的表演。1951年，R. H. morgan 和 R. E. sturn 发明荧光屏上影象经过施密特透镜，然后用超正析管摄影的电视装置。在1952年出现了增强管之后，1955年荷兰的 Philips 和美国

的Westinghos等工厂生产出使用5吋增强管的电视装置。直到1961年5吋增强管加超正析摄像管的X线电视装置,才开始作为商品出售。

在我国60年代,X线电视仅是省级医院才有,80年代已很普及,有的医院有数台,这主要是X线电视在70年代已达到了完善地步,而且人们已经认识到它的先进性、科学性、实用性。它是医院各科室开展新技术,新业务必不可少的设备。

### 一、X线电视的特点

1. 这种电视系统是以X线作为光源的,摄像机摄取的对象是增强管上的荧光图象,它不同于其它的电视系统是利用可见光为光源。

2. 在结构上,X线电视系统的设备除了一般工业电视所具有的摄像机、传输电缆、同步机和监视器外,还有X线机和影象增强器。这是因为X线透视在荧光屏上显示的影象亮度很低,经研究表明,即在透视条件很高,荧光屏上的亮度也仅是满月情况下的1/10(见表1—1所示)。一般工业电视摄像机其工作亮度在20—100Lx以上,而X线电视工作照度在0.2Lx左右,显然是不行的。所以必须经过影象增强设备,将荧光屏的亮度增大约10000倍左右。正是应用于这个增强设备,把工业电视稍加改装,即可配于各种型号的X线机,使X线电视得以普及。

3. 在应用方面,由于X线电视的出现,把放射医生从暗室里“解放”了出来。以前医生必须带上红色眼镜经过五分钟左右的暗适应,才能在完全黑暗的室内观察荧光屏上的影象。用X线电视时,医生可以在比较亮的室内进行各种检查

表 1-1 各种光源亮度参考表

| 照 明 种 类         | 勒 克 司 (Lx) |
|-----------------|------------|
| 太阳对地面的照度        | 全部为近似值     |
| 盛夏晴天正午时         | 100 000    |
| 隆冬晴天正午时         | 60 000     |
| 阴天正午时 (取决于云层厚度) | 10 000     |
| 晴天时窗户附近         | 1 000      |
| 晴天明亮的室内         | 100        |
| 满月对地表面照度        | 0.2        |
| 黑夜天空对地表面照度      | 0.0003     |
| 彩色放映室           | 1.500 以上   |
| 15W荧光灯观察距离内照度   | 30         |

诊断。并且图象清晰，对比度好，有利于发现病变，提高了工作效率和诊断率。

4. 在防护方面，由于应用了增强系统，提高了亮度，所以透视剂量明显地降低。同样的亮度情况下，原用2~5mA，电视透视可减少到0.1~1mA，这样大大地减少了X线的辐射量。它不仅减少了对工作人员和病员的损害，保证了他们的身心健康，而且也大大减轻了X线管的负担，延长了机器的寿命。

5. 从形式上，电视机的光栅是圆的，这是X线电视区别于广播电视和其它工业电视的一大特点。

6. 可以加装多路监视器和电影机、录像机、视频复印机等便于教学和拍照资料。

## 二、X线电视的分类

1. 按配用的X线机可分：大型X线电视，即X线机的最大管电流为100mA~1250mA；小型X线电视，即X线机的最大管电流为10~30mA。

2. 按应用范围可分为：诊断X线电视机，一般是大中型X线机上使用，主要用于胸透、胃肠及造影等各项检查；手术X线电视，一般为小型X线电视，主要配合手术、治疗等用，例如整骨复位，取除异物，血管栓塞等，称为手术X线电视。

3. 按其安置方式分为有固定式和移动式。

4. 按其结构方式可分：

(1) 影象增强管+摄像管或超正析录象的电视装置，如图1—1所示。X线透过患者在增强管的光电阴极上形成图象，然后由影象增强器成象于增强管的输入屏上。再通过一组

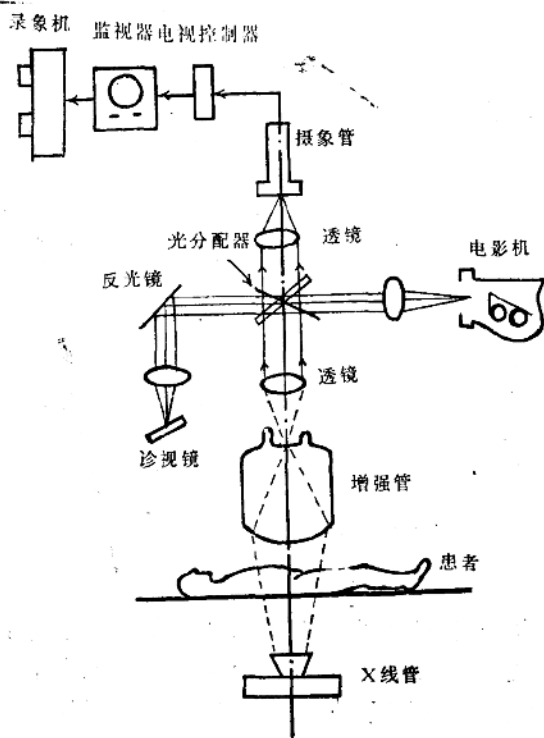


图 1-1 增强管+超正析摄像管的电视装置

光学透镜和光学分配器，将一定亮度的影象分别送给电视摄像管或电影摄影机，以便观察诊断和记录。

(2) 荧光屏+可见光影象增强器+超正析摄像管的电视装置。如图 1-2 所示。X线透过人体和滤线栅，照射到荧光屏上形成图象，经平面反射镜即射到可见光影象增强器上，在影象增强器的观察屏上得到一个被增强了的图象，经

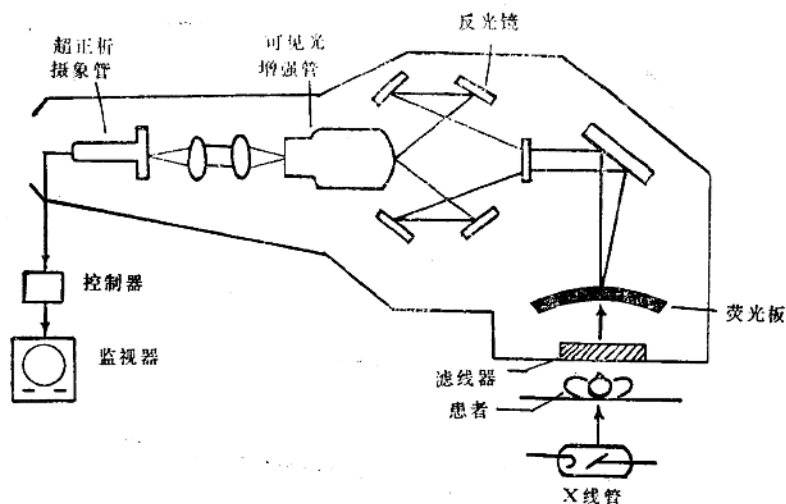


图 1-2 荧光屏+可见光增强管+超正析摄像管装置

一组透镜照射到超正析摄像管上，由电视监视器进行观察。也可加光分配器进行拍电影或用肉眼通过诊视镜进行观察。

(3) 荧光屏上直接加摄影装置，即荧光屏加高灵敏度的超正析摄像管装置，如图 1-3 所示。X 线透过人体在荧光屏上形成图象，经反射镜、透镜，直接由超正析摄像管取出电视信号。

最常用的为第一种。下面表 1~2 分别列出各种结构形式的 X 线电视性能的比较，以供参考。

X 线电视系统的原理和结构基本上相同，不同的是增强管和监视器的尺寸不同。一般手术 X 线电视配用的增强管为 6~9 英寸，监视器为 12~16 英寸。大型诊断用 X 线机的增强器

表 1-2 几种X线电视装置的性能比较

|                                  | 清晰度 | 对比度  | 信噪比 | 残 像 | 可 视<br>范 围 | 灵敏度           | $\gamma$ |
|----------------------------------|-----|------|-----|-----|------------|---------------|----------|
| 增强管 +<br>超正析摄像<br>管              | 最好  | 90%  | 好   | 短   | $\phi 230$ | 75KV<br>1 mA  | 0.95     |
| 荧光屏 +<br>可见光增强<br>器 + 超正析<br>摄像管 | 较好  | 100% | 好   | 短   | $\phi 317$ | 75KV<br>1 mA  | 0.95     |
| 荧光屏 +<br>高灵敏度超<br>正析摄像管          | 较好  | 100% | 较差  | 短   | $\phi 300$ | 75KV<br>1.6mA | 0.85     |

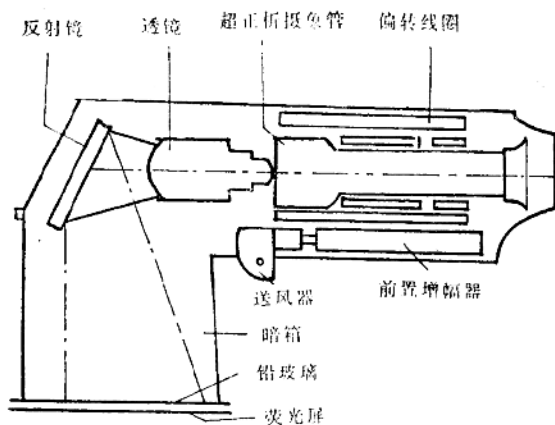


图 1-3 荧光屏+高灵敏度超正析摄像管装置

一般为9~12英寸。监视器为14~19英寸。

## 第二节 X线电视的组成

### 一、框图

要想了解整机概念，必须了解机器框图，机器不同，其框图略有差异，下面分别介绍几个厂家机器的框图，但任何机器都是以图 1-4 所示的工作顺序示意图为基准的。由示意图可知，X 线通过人体在增强管上显示图象，经光学镜头变为平行光源被摄像机拍下，把光信号变为电视信号，在同步机的作用下送到监视器上显示。图 1-5 所示是上海 4G4 X 线电视框图；图 1-6 所示是南京 SG-14X 线电视框图；图 1-7 所示是荷兰飞利浦X线电视框图；图1-8所示是德国东部TUR-700 X 线电视框图；1-9 是日本的；1-10 是匈牙利 EDR-750B 型X线电视框图。