

下岗再就业，年轻新创业，兼职搞副业，农村办工业，应该从哪里入手呢？古语道：“百艺好藏身”，那就从学一门过硬的维修技术入手吧！有了过硬的技术，可以创业当老板，也可以到用人单位轻松找到高薪的职位，真是做人立业之本。

医疗器械维修 速成图解



零点起步

ISBN 978-7-5345-6505-2



9 787534 565052 >

定价：16.00 元

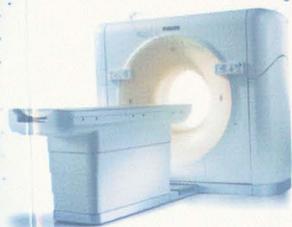
零点起步

技术工人维修技能速成丛书

医疗器械维修 速成图解

钱叶斌 主编

凤凰出版传媒集团
江苏科学技术出版社



江苏科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

医疗器械维修速成图解/钱叶斌主编. —南京:江苏科学技术出版社, 2009. 4

(零点起步: 技术工人维修技能速成丛书)

ISBN 978-7-5345-6505-2

I. 医… II. 钱… III. 医疗器械—维修—图解

IV. TH770.7-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 015769 号

医疗器械维修速成图解

主 编 钱叶斌

责任编辑 汪立亮

特约编辑 赵海娟

责任校对 郝慧华

责任监制 张瑞云

出版发行 江苏科学技术出版社(南京市湖南路1号A楼, 邮编: 210009)

网 址 <http://www.pspress.cn>

集团地址 凤凰出版传媒集团(南京市湖南路1号A楼, 邮编: 210009)

集团网址 凤凰出版传媒网 <http://www.ppm.cn>

经 销 江苏省新华发行集团有限公司

照 排 南京展望文化发展有限公司

印 刷 盐城市华光印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/32

印 张 6.25

字 数 140 000

版 次 2009年4月第1版

印 次 2009年4月第1次印刷

标准书号 ISBN 978-7-5345-6505-2

定 价 16.00 元

图书如有印装质量问题,可随时向我社出版科调换。

随着我国现代化科学技术的迅猛发展,以及科学技术在医学领域中的广泛应用,各种新型医疗仪器设备,特别是高、精、尖医疗仪器设备发展十分迅速。自20世纪90年代开始,我国在医疗仪器设备方面发展很快,与此同时,也引进了许多进口仪器设备,逐步加快了各级医院医疗设备更新换代的速度,使我国的医疗卫生条件有了较大改善。

医疗器械是临床诊断、治疗、康复保健以及医学研究必备的条件。医疗器械品种多,应用原理与性能各异,给临床使用和日常保养以及维修工作带来很多问题,由于使用广泛,技术缺乏、设备维修困难的问题不仅在边远山区存在,就是在城市医院也不同程度地存在。生物医学工程专业这一边缘学科,知识面比较广,涉及理、工、生物各学科领域,计算机的应用也日趋广泛,虽然目前我国已有几所高校开设生物医学工程专业,但由于起步较晚,在短时间内还不能真正发挥作用,所以这方面人才缺乏严重,特别是缺少符合现代化医院发展实际需要,能与临床配合工作的医学工程专业技术人员和工程师,医疗器械使用保养与维修,不仅是广大医务人员、生物医学工程专业技术人员的责任,而且也是各级医院领导应予以重视的问题,它直接关系到医院的发展,为了尽快使广大从事生物医学工程

专业的技术人员不断提高专业维修技能,解决医疗器械在使用维修中的实际问题,特组织编写了《医疗器械维修速成图解》一书。

本书系统地介绍了医疗器械中常用几种医疗仪器设备的结构组成、正确使用方法、维护保养常识、常见故障诊断与排除方法。全书通俗易懂、深入浅出,具有很强的实践性和可操作性,特别适合广大医务人员、医疗器械维修技术人员、生物医学工程技术人员和院校相关专业师生们阅读和参考。

本书由上海医疗器械维修协会组织编写,钱叶斌同志为主编人员。在编写过程中参考了大量的相关维修资料和图书出版物,特别是得到上海第六人民医院的大力支持和帮助,在此表示最诚挚的谢意!

由于水平有限,书中错误、疏漏之处在所难免,恳请广大读者和专家批评指正。

编者

目 录

第一章 医疗器械维修基础知识	1
第一节 常用医疗器械简介	1
一、医疗器械基本结构与使用性能	1
二、常用医疗器械简介	5
第二节 医疗器械维修技巧	17
一、医疗器械维修的技能与注意事项	17
二、医疗器械故障维修思路	21
三、医疗器械故障诊断方法	23
四、医疗器械常用电子元器件的故障维修	31
第三节 医疗器械的日常维护与保养	33
一、医疗器械的一般维护与保养	33
二、常用医疗器械的日常维护与保养	35
第二章 心电图机的维修	40
第一节 心电图机的结构组成与工作原理	40
一、心电图机的结构组成	40
二、心电图机的主要性能参数	46
三、心电图机的工作原理	47
第二节 心电图机的故障维修	49
一、心电图机的使用与维护	49
二、心电图机的故障维修方法	51
三、心电图机的常见故障维修	58
第三节 心电图机的故障维修实例	67

一、主放大电路板故障维修实例	67	三、X线机的常见故障维修	159
二、ECG-6151型心电图机故障维修实例	70	第三节 X线机的故障维修实例	166
三、ECG-6511型心电图机故障维修实例	77	一、F99-I型500mA X线机故障维修实例	166
四、ECG-8110K型心电图机故障维修实例	81	二、数字化移动式X线机故障维修实例	169
三、移动式X线机故障维修实例		三、移动式X线机故障维修实例	170
第三章 脑电图机的维修	82	第六章 B型超声波诊断设备的维修	172
第一节 脑电图机的结构组成与工作原理	82	第一节 B型超声波诊断设备的结构组成与工作原理	172
一、脑电图导联	82	一、B型超声诊断仪的结构组成	172
二、脑电图机的结构组成与工作原理	86	二、B型超声诊断设备的工作原理	174
第二节 脑电图机的故障维修	91	三、CY-140型机械扇形扫描诊断设备	176
一、脑电图机的故障维修方法	91	第二节 B型超声波诊断设备的故障维修	178
二、脑电图机的常见故障维修	98	一、B型超声波诊断设备的故障维修方法	178
第三节 脑电图机的故障维修实例	104	二、B型超声波诊断设备的故障维修	182
第四章 肌电图机的维修	108	第三节 B型超声波诊断设备的故障维修实例	187
第一节 肌电图机的结构组成与工作原理	108	一、SSD-120DX型B型超声仪故障维修实例	187
一、诱发肌电图	108	二、SSD-190型B型超声仪故障维修实例	189
二、肌电图机的结构组成与工作原理	112	三、SSD-210型B型超声仪故障维修实例	189
第二节 肌电图机的故障维修	118		
一、常规肌电图检查方法	118		
二、肌电图机的常见故障维修	120		
第三节 肌电图机的故障维修实例	126		
第五章 医用X线机的维修	129		
第一节 X线机的结构组成与工作原理	129		
一、X线机的结构组成	129		
二、X线机的电路组成及工作原理	137		
第二节 X线机的故障维修	152		
一、X线机的故障分类及其原因分析	152		
二、X线机的故障维修方法	156		

医疗器械维修基础知识

第一节 常用医疗器械简介

一、医疗器械基本结构与使用性能

1. 医疗器械基本结构

医疗仪器有很多种类,不同的医疗仪器具有不同的功能,它们的工作原理也完全不同。尽管如此,从宏观的角度来看,仪器设备还是有一些共同之处。

对于诊断仪器,需要解决的是如何从体内得到有用的信息,这些信息可以是生物电信号、压力信号或者起对某种能量的吸收程度等,这些信息需要用传感器或电极来获得并转换成电信号。有时也需要外加能量来获取信号,如用电流驱动传感器,或使用光、X线或超声能量,通过考察这些能量经过被测体后的衰减等进行诊断。这些由传感器或电极获得的信号通常比较弱,而且还可能是非线性的并带有较强的噪声,需要对这样的信号进行预处理,如放大、滤波、线性化等工作。现代医疗设备多由计算机控制,需要将模拟信号转换成数字信号送入计算机进行处理,很多信号处理工作都由计算机软件来完成。鉴于现代计算机的强大功能,通过计算机可以完成人机交互和参数选择、信号曲线和图像显示、医疗仪器之间和与数据库的数据通信等许多功能(图 1-1)。

完成治疗功能的医疗仪器要解决用何种能量以何种途径干预治疗对象的问题,或者用某种方法来暂时或永久地替代人体的某部分功能,对于加入人体的任何能量都不但要进行精确地控制,而且还要进行反馈监测

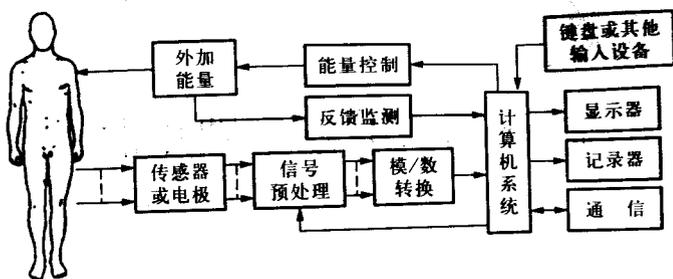


图 1-1 医疗仪器基本结构

以确保安全,有时甚至还需要在治疗过程中对人体的生理状态进行监护,对于这样的治疗设备,也可以用图 1-1 来表示。

根据以上的分析,医疗仪器可以分为以下几个主要部分:

(1) 传感器

传感器也就是换能器,将一种能量的信号转换成另一种能量的信号的器件。通常最终是转换成电信号,因为电信号能被比较方便地处理和输入计算机,如测量血压的压力传感器、测量离子浓度的离子传感器、X 线传感器、超声传感器等。电极也可以看作为传感器,它将体内的离子电流转换成金属导体中流动的电子电流。传感器是测量仪器或仪器测量部分的关键部件,直接影响测量的成败。

(2) 信号预处理和采集系统

信号预处理也常被称为信号调理(conditioning),主要完成信号的放大、滤波、线性化以及信号的电气隔离等,将传感器获得的信号调整到适合信号采集系统的要求。由于与传感器直接相连,这部分电路常包含有传感器激励驱动电路。信号采集就是将模拟信号转换成能被计算机处理的数字信号。

(3) 计算机系统

计算机系统主要完成数字信号处理、数据管理和程序控制等工作。随着主机性能和模/数转换精度的提高,很多在预处理阶段完成的工作可移到数字信号处理阶段完成,有些设备如 CT 等,采用独立的信号处理机设计,以进一步提高信号处理能力。计算机系统作为控制中心,可以协调

和监控仪器设备各子系统的运作,甚至管理患者状态监测和报警系统。

(4) 人一机交互系统

人一机交互系统通常由键盘、鼠标、显示装置等组成,有的还带有网络接口,构成现代仪器设备的外在特征。显示装置可以只是显示简单的参数,也可以显示曲线,甚至是图像。很多医疗仪器还具备永久性记录设备,如打印机等。

(5) 能量发射系统

很多医疗仪器需要向人体发射能量,如 X 线成像设备需要向人体组织发射 X 线,同时接收透过人体而衰减后的能量进行成像,许多利用物理能量进行治疗的设备,如放射治疗设备、激光治疗设备等,主要解决的就是如何有控制地通过一定途径将能量传递到人体的特定部位。能量发射的实际剂量必须要保证准确,这一点不管对于测量还是对于治疗都非常重要。

(6) 其他系统

很多医疗仪器还有某些特定的功能模块或系统,如机械传动系统、定位系统、管路系统等,这些系统通常也按照控制系统的指令进行协调运作,如血液透析机主要由管路系统和人工肾组成。

许多普通仪器也都有以上的结构或组成部分,医疗仪器与普通仪器的最大区别是应用的对象:医疗仪器所测量的对象或者信号源,是人体或人体的一个系统,能量发射的对象也同样是人体,甚至还要用仪器替代人体的某一部分功能。医疗仪器的许多特殊之处皆源于此。

2. 医疗器械使用性能

从实际使用的角度看,医疗仪器的性能包括仪器本身的功能、可操作性、正确性、可靠性和安全性等。

(1) 功能

医疗仪器通常都是专用设备,每件医疗仪器都有其特定的功能,是否如其所称具有某种功能是选择仪器的关键依据。除了主要功能以外,还会有次要的功能,如心电图机除了能描记心电波形以外,还能检测心率和心律,输入患者姓名和编号。有些设备有不同的功能模块可供选择,使仪器具有不同的功能;也有的仪器可以通过软件增加功能。

(2) 可操作性

可操作性是指实际操作是否方便,操纵部件是否灵活,是否需要助手

帮助,按钮开关排列或程序菜单设计是否合理等。现代医疗设备越来越复杂,可选择的参数很多,这一方面促进了医疗服务向个性化方向发展,有助于提高医疗水平,但过多的选择和设置增加操作的复杂性,也增加了误操作的可能性。通常,操作简单明了,操纵手柄小巧灵活的医疗仪器比较受欢迎。

(3) 正确性

对于测量设备,测量结果是否正确是非常关键的,这里有很多技术指标可用来判断,它们是:量程、灵敏度、线性、频率响应、信噪比、精确度与准确度、绝对误差与相对误差、精度、重复性等。具有合适技术指标的设备是获得正确测量结果的保证。对于利用物理能量实现治疗的医疗设备而言,如何将准确无误的剂量释放到指定的治疗部位中,也是非常重要的。

(4) 可靠性

医疗仪器的可靠性必须非常高,不仅故障率要小,还应该比较完备的故障监测和报警功能,而且在部分故障状态下仍能保留最基本的功能以保证患者的安全。这一点对抢救设备尤其重要。

(5) 安全性

医疗仪器要考虑电气安全、辐射安全、热安全和机械安全等。

以上性能在医疗仪器的设计、制造中非常重要。在医疗仪器的整个使用周期中,保持良好的使用性能,对于保证医疗质量同样非常重要。

3. 医疗器械使用环境

医疗仪器为医疗提供了优良的技术平台,要使仪器能够发挥作用,医疗仪器的使用环境是非常重要的。医疗仪器的使用环境一般是指周围环境、供电及其他支持系统。广义的使用环境应该还包括医疗仪器操作人员和维护人员、完备的技术管理制度等,也即医疗仪器使用的软环境。从使用角度而言,仪器的使用环境也是构成使用中仪器的一个重要组成部分。为保证医疗仪器的正常使用,需要医务人员、工程技术人员和管理人员的共同参与和合作。

(1) 周围环境

周围环境包括温度、湿度、灰尘或其他有害气体、操作人员的操作空间大小、电磁场干扰等。现代电子仪器都对温度有一定的要求,温度过高

或过低都有可能使电子元器件的工作不正常,湿度过高或者灰尘较多容易造成绝缘失效,温度和湿度对于光学器件和进行化学反应的器件也会产生一些不良的影响,有些气体会造成仪器传感器的误差,对于易燃易爆的气体则更加要小心。电磁场干扰有 50 Hz 工频干扰和电刀等设备引起的高频干扰,有时驱动电梯的电机也会造成干扰,这些干扰应该设法避免。

(2) 供电系统

除了部分便携式医疗设备使用电池供电以外,大部分医疗仪器采用交流电供电。医院中合格的供电系统应该是三相五线制,即除了相线和中线(零线)以外还必须要单独有接地线,在病床周围的所有仪器设备还必须是等电位接地,这对于排除电磁场干扰和电气安全均有好处。手术室等重要科室还应该加装供电监测报警系统和发电机组。对于大电流设备则应单独供电以避免影响其他设备的供电。

(3) 其他支持系统

很多医疗仪器需要使用不同的气体,如压缩空气、麻醉气体、氧气、氮气、液氮等,也有一些医疗仪器需要使用蒸馏水或去离子水,这些气源、水源必须能够保质保量供应。

(4) 操作使用人员

这是一个关键因素,很多国家规定操作人员必须受过专门的培训并获得专门的证书,才准予操作如呼吸机、体外循环系统、放射治疗设备等。操作人员能否正确地使用医疗仪器,与其所获得的学位和所受的培训、责任感、实际工作经验等都有一定的联系。此外,详尽的操作手册和能否得到及时的技术支持也与能否正确使用医疗仪器有一定的关系。

(5) 工程技术人员

他们是对仪器的临床使用提供技术保障,也从事对于操作人员提供及时的现场岗位培训。

二、常用医疗器械简介

(一) 心电图机

根据生物电位产生的机理,心脏的活动伴随着电位变化。由于人体的导电性能,心脏的电位变化能够传到身体表面,因此在人体表面适当位置放置电极就可以记录心脏活动的电位变化。心电图(Electrocardiogram,

ECG)就是通过体表放置电极记录下来的心脏活动过程的电位变化的图形,用来记录心电图的仪器称为心电图机。

1. 心电图机的分类

(1) 按记录器分类

记录器是心电图机的描记元件,心电图机常用的记录器有以盘状弹簧为回零力矩的动圈式记录器和位置反馈记录器。

① 动圈式记录器。动圈式记录器的结构原理是由磁钢组成的固定磁路和可转动的线圈。记录器的线圈与心电图机的功率放大器输出端相连,当有心电信号时,功率放大器向线圈输出电流,线圈转动,当线圈的偏转角度与盘状弹簧的回零力矩相同时,停止偏转,从而带动描笔描记出心电图波形。

② 位置反馈记录器。位置反馈记录器是一种不用机械回零弹簧的记录器,特殊的电子电路可起到回零弹簧的作用。机器断电时,位置反馈记录器的记录笔可任意拨动。

(2) 按供电方式分类

心电图机放大器要求有比较稳定的直流电源供电,可以采用干电池或可多次充电的蓄电池进行供电的直流供电方式;也可将交流电经变压器、整流器、滤波器、稳压器等组成的交流转换电路转换为直流电供给心电图机工作。

(3) 按记录形式分类

心电图机的记录形式有热笔描记式、喷墨水描记式、多点发热打印式等。

(4) 按放大器的导联分类

心电图机有单导和多导数种。单导心电图机的心电信号放大通道只有一路,各导联的心电波形要逐个描记;多导心电图机的心电信号放大通道有多路,如三导心电图机就有三路放大器,三个导联的心电信号同时可以得到放大。

(5) 按机器功能分类

心电图机按照机械的功能可分为图形描记普通式心电图机(模拟式心电图机)和图形描记与分析诊断功能心电图机(数字式智能化心电图机)。

2. 心电图的临床应用

心脏生理功能与心电图存在着密切的联系,许多心脏生理功能失常可以从心电图波形的改变中反映出来,经过 100 多年的发展,心电图在临床疾病的诊断中得到了广泛的应用,具有非常重要的作用。

① 分析和鉴别各种心律失常。心电图能精确地诊查心律失常,在第 I 度房室传导阻滞及束支传导阻滞上,心电图是必需的诊断方法。

② 部分冠状循环功能障碍引起的心肌病变,这种心脏病例在体征方面无明显异常,而心电图的改变可能为心脏损害的惟一明确的客观病征,并可通过心电图来观察心肌梗死部位及其发展过程。

③ 判断心脏药物治疗或其他疾病的药物治疗对心脏功能的影响。

④ 指示心脏房室肥大情况,从而协助各种心脏疾病的诊断,如高血压性和肺源性心脏病及先天性心脏病、瓣膜病等。

⑤ 在心包炎、黏液性水肿、电解质紊乱、血压过低或过高等疾病中,不仅用作诊断而且可追踪疾病发展情况,对治疗过程有极重要的参考价值。

⑥ 在心脏手术及心导管检查时,进行心电图的直接描记以便及时了解心律和心肌功能,指导手术的进行并提醒进行必要的药物处理,对冠心病、急性心肌梗死连续的心电图观察,可及时发现并处理心律失常。

⑦ 心电图与其他生理参数一起检查心脏机械功能情况。

⑧ 心电图还是生理和病理研究时重要的参考资料。

(二) 脑电图机

在人的大脑皮层中存在着频繁的电活动,而人正是通过这些电活动来完成各种生理机能的。人的大脑皮层的这种电活动是自发的,其电位可随时间发生变化,我们用电极将这种电位随时间变化的波形提取出来并加以记录,就可以得到脑电图。通过检测并记录人的脑电图就可以对人大脑及神经系统疾病(如急性中枢神经系统感染、颅内肿瘤占位性病变、脑血管疾病、脑损伤及癫痫等)进行诊断和治疗,而脑电图机(electroencephalograph)即是用来测量脑电信号的生物电放大器。

1. 脑电图的一般性质

脑电图虽然不是正弦波,但可以作为一种以正弦波为主波的波形来分析,所以脑电图波形也可以用周期、振幅和相位等参数来描述,周期、振

幅、相位是脑电图的基本特征,如图 1-2 所示。

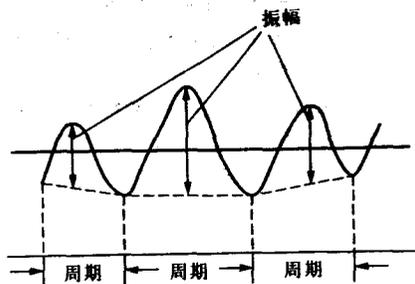


图 1-2 脑电图的周期和振幅

① 周期。脑电图的周期指由一个波谷到下一个波谷的时间间隔或由一个波峰到下一个波峰的时间间隔在基线上的投影。通常把单位时间内出现的正弦波波数(频率)的倒数称为平均周期,正常人脑电频率主要在 8~12 Hz 范围内。

② 振幅。在脑电图中通常从波峰画一直线使其垂直于基线,由这条直线与前后两个波谷连线的交点到波峰的距离称为脑电图的平均振幅。

③ 相位。脑电图的相位有正相与负相之分,以基线为准,波峰朝上者为负相波,波峰朝下者为正相波。另外,在记录两个部位的脑电波时,其相位差也应予以考虑。当两个波的相位相差 180°时称为相位倒转,如果其相位相差为零,则称为同相。其相位差一般不用度数表示,而将其转换成时间轴距离,以 ms 为单位。

2. 脑电信号的分类

现代脑电图学中,根据频率与振幅的不同将脑电波分 α 波、 β 波、 θ 波和 δ 波。脑电图的四种基本波形如图 1-3 所示。

① α 波。可在头颅枕部检测到,频率为 8~13 Hz,振幅为 20~100 μ V,它是节律性脑电波中最明显的波,整个皮层均可产生 α 波。 α 波在清醒、安静、闭眼时即可出现,波幅由小到大,再由大到小作规律性变化,呈梭状图形。

② β 波。 β 波在额部和颞部最为明显,频率约为 18~30 Hz,振幅约

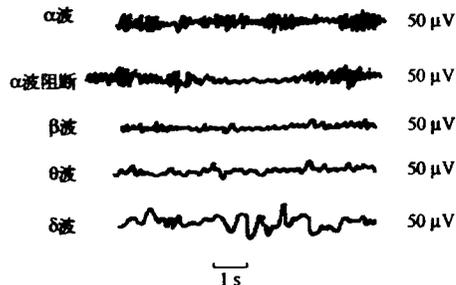


图 1-3 脑电图的四种基本波形

为 5~20 μ V,是一种快波, β 波的出现一般意味着大脑比较兴奋。

③ θ 波。 θ 波频率为 4~7 Hz,振幅约为 10~50 μ V,它是在困倦时,中枢神经系统处于抑制状态时所记录的波形。

④ δ 波。在睡眠、深度麻醉、缺氧或大脑有器质性病变时出现,频率为 1~3.5 Hz,振幅为 20~200 μ V。

脑电图的波形随生理情况的变化而变化,一般来说,当脑电图由高振幅的慢波变为低振幅的快波时,兴奋过程加强;反过来讲,当低振幅快波转化为高振幅的慢波时,则意味着抑制过程进一步发展。

正常的成年人、儿童、老年人的脑电图均有自己的特点,清醒和睡眠时的脑电图不同,不同疾病患者的脑电图也各不相同,现代脑电图学已经建立起了正常人的脑电图诊断标准和异常脑电图诊断标准。因此,脑电图在临床诊断上有极为重要的价值。

3. 诱发电位基础知识

在上面我们讲过,脑电图记录的是人大脑自发的电位活动,这种自发的脑电信号在临床诊断上有重要的意义。除此之外,如果给机体以某种刺激,也会导致脑电信号的改变,这种电位称为脑诱发电位。根据脑电与刺激之间的时间关系,可将电位分为特异性诱发电位和非特异性诱发电位。所谓非特异性诱发电位是指给予不同刺激时产生的相同的反应,这是一种普通的和暂时的情况;而特异性诱发电位是指在给予刺激后经过一定的潜伏期,在脑的特定区域出现的电位反应,其特点是诱发电位与刺激信号之间有严格的时间关系。非特异性诱发电位幅度比较高,在脑电

图记录中即可发现;特异性诱发电位较小,完全淹没在自发脑电信号中。从其概念可知,非特异诱发电位没有任何特定意义,因此在临床诊断中不具有诊断价值。而特异性诱发电位的形成和出现与特定的刺激有严格的对应关系,因此通过诱发电位可以反映出神经系统的功能与病变。所以在临床上只进行特异性诱发电位的检查,通常我们把特异性诱发电位简称为诱发电位(evoked potential, EP)。诱发电位是指中枢神经系统在感受外在或内在刺激过程中产生的生物电活动,是代表中枢神经系统在特定功能状态下的生物电活动的变化。目前临床上常用的诱发电位有模式翻转视觉诱发电位(pattern reversal visual evoked potential, PR-VEP);脑干听觉诱发电位(brain stem auditory evoked potential, BAEP)和短潜伏期体感诱发电位(short-latency somatosensory evoked potential, SLSEP)。

(1) 视觉诱发电位

视觉诱发电位是指向视网膜给予视觉刺激时,在两侧后头部所记录到的由视觉通路产生的电位变化,其刺激方式是电视机显示的黑白棋盘格翻转刺激,方格大小为 30° 视角,对比度至少大于50%,全视野大小小于 8° ,眼睛固定注视中心,刺激频率为 $1\sim 2$ Hz。

(2) 听觉诱发电位

听觉诱发电位是指给予声音刺激,从头皮上记录到的由听觉通路产生的电位活动,因其电位源于脑干听觉通路,故又称为脑干听觉诱发电位。其刺激源为脉宽 $200\ \mu\text{s}$ 的方波电信号,经过换能器转换成短声,其极性依其耳机振动膜片的方向而定,当耳机膜片靠向患者鼓膜时,该刺激为密波短声,反之则为疏波短声。临床神经学研究中,常用疏波短声为刺激声,刺激频率为 $10\sim 15$ Hz,强度高于听力阈 60 dB。BAEP的神经学检查主要采用单耳刺激,这样可以避免产生假阴性结果。所谓单耳刺激是指对健耳给予白噪声刺激,以消除骨传导的影响,通常给予对侧掩耳以小于同侧耳刺激声 $30\sim 40$ dB的白噪声刺激强度。

(3) 体感诱发电位

体感诱发电位是指躯体感觉系统在受外界某一特定刺激(通常是脉冲电流)后的一种生物电活动,它能反映出躯体感觉传导通路神经结构的功能。其刺激方式有恒压器和恒流器两种,恒压刺激器的范围为 $0\sim 1$ V,

恒流刺激器的输出范围为 $0\sim 100$ mA,刺激强度通常选用感觉阈上4倍或运动阈上2倍,方波宽度为 $100\sim 500\ \mu\text{s}$ 。

(三) 肌电图机

肌电图(electromyography, EMG)是检测肌肉生物电活动,借以判断神经肌肉系统机能及形态变化,并有助于神经肌肉系统的研究或提供临床诊断的科学。肌电图机在肌肉和神经电生理研究方面具有非常重要的作用,为人体运动系统疾病的诊断和治疗提供了一个重要的工具,目前在各级医院得到了广泛应用。

1. 肌电图的临床应用

肌电图检测在神经源性和肌源性疾病的鉴别诊断方面,以及对神经病变的定位,损害程度和预后判断方面有重要价值。

① 神经源性疾病。神经源性疾病包括周围神经病损(糖尿病、酒精中毒、尿毒症等)颈椎病、单瘫运动元性病、面神经麻痹、多发性神经炎、脊髓前角病损、脱髓鞘病、交叉瘫以及神经源性性功能障碍等。

② 肌源性疾病。肌源性疾病包括肌营养不良症、肌萎缩、周期性麻痹、重症肌无力、肌强直综合征、神经与肌肉接头病等。

③ 结缔组织疾病。结缔组织病包括多发性肌炎、皮肌炎、多发性硬化病、红斑狼疮病、废用性肌萎缩、风湿性关节炎等。

2. 诱发肌电图的临床应用

临床上,诱发电位可用来协助确定中枢神经系统的可疑病变,检出亚临床病灶,帮助病损定位,监护感觉系统的功能状态。尤其在儿科的应用具有重要的临床意义,包括脑干听觉诱发电位(AEP)、视觉诱发电位(VEP)和体感诱发电位(SEP),以及运动诱发电位和事件相关电位等。

① 脑干听觉诱发电位。用于婴幼儿听力功能检查、成人听力障碍检查、听神经瘤筛选、脑干病损和机能障碍及脑死亡、进行性核上性麻痹,以及各种顽固性眩晕的鉴别诊断。另外,结合耳蜗电图可对梅尼埃病和各种突发性耳聋做出鉴别。

② 体感诱发电位。诊断周围神经损伤、多发性神经炎、臂丛、腰丛、骶丛外伤病损、多发性硬化、脑干和大脑病变、共济失调等。

③ 视觉诱发电位。用于诊断视觉功能的测定、各种视神经和视网膜损伤、多发性硬化、视神经炎、球后视神经炎、帕金森氏病等。

④ 运动诱发电位。用于诊断多发性硬化与脑白质营养不良、脑血管病、运动神经元。

(四) 医用 X 线机

数字成像技术内容广泛,技术迥然,原理各异,它包括计算机 X 线摄影(computed radiography, CR)、数字 X 线摄影(digital radiography, DR)、直接数字 X 线摄影(direct digital radiography, DDR)、计算机体层摄影(computed tomography, CT)、数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)、单光子发射体层像(single photon emission computed tomography, SPECT)、正电子发射体层成像(photon emission computed tomography, PET)和图像存储与传输系统(picture archiving and communicating system, PACS)等新的成像技术。这些成像技术有一个共同的特点,即以计算机为基础,使图像信息数字化,我们可以尽可能地对其实施图像信息后处理,这使医学影像技术发生了巨大的变化。

总之,尽管数字成像技术的成像原理和方法不同,诊断价值与限度亦各异,但都能使人体内部结构和器官形成影像,从而了解人体解剖与生理功能状况以及病理变化,以达到诊断的目的。CR、DR、DDR 等都是借助人体组织和器官对 X 线的吸收差异,通过探测穿透人体后的剩余射线,将模拟信息变为光电数字信号,通过计算机处理让人体组织和器官变成可以观察的影像。PACS 是以计算机为中心,将所得到的人的数字化信息进行存储、压缩、传输和处理,PACS 获取信息可实施远程诊断,可极大地提高工作效率和诊断准确性。下面介绍 X 线产生原理及其特点,关于医用 X 线机的结构组成电路工作原理参见第五章。

1. X 线产生的条件

X 线是在高度真空的 X 线管中产生的,更确切地说,是高速电子与阳极靶面相互作用的结果。高速电子与靶面物质的相互作用是很复杂的。一般说来,高速电子在失去其全部动能而变成自由电子之前要穿过很多原子间隙,经过很多次碰撞,发生多种作用的物理过程。从能量转换角度来看,高速电子能量损失分碰撞损失和辐射损失两种情况,碰撞损失将全部变为热能,使阳极温度迅速上升,99%左右的高速电子动能都在碰撞损失中转换为热能,辐射损失是高速电子与靶原子内层电子或原子核相互作用的结果,以辐射 X 线光子的形式而损失能量,这部分能量大约占高速

电子总动能的百分之零点儿。可见,在 X 线管中的 X 线能的转换效率是很低的。

2. X 线的结构

从 X 线的结构分析看,有连续 X 线、标识 X 线。X 线贯穿物质的本领叫做 X 线的质(或硬度),它只决定于每个光子能量的大小,而与光子的数目无关,所以,X 线的质用波长或频率来表示。诊断方面的量和质是根据 X 线量和质的物理概念,在医用诊断方面有习惯的度量标准,通常以 X 线管的管电流与 X 线照射时间的乘积,来表示 X 线的量,单位为 $\text{mA} \cdot \text{s}$;以 X 线管的峰值管电压来表示 X 线的质。

3. X 线的本质和特性

(1) X 线的本质

从 X 线的本质和特性看,X 线是一种不可见光,具有光的一切通性。光是一种电磁波,且有波、粒二象性,这是光的本质,也是 X 线的本质。在电磁波谱中,X 线是介于紫外线和 γ 射线之间的电磁波,同时具有波动性和微粒性。前者的特征是具有波长和频率;后者的特征是具有能量、动量和质量。二象性是统一的。

(2) X 线的特性

X 线除了上述的共性以外,由于其波长短,光子能量大,具有与其他电磁波不同的特殊性质。

1) 物理效应作用

① 穿透作用:穿透作用是指 X 线通过物质时不被吸收的本领。穿透性取决于物质对 X 线的吸收作用。

② 电离作用:电离作用是物质受 X 线照射时,使核外电子脱离原子轨道的作用。电离过程又分为一次电离和二次电离。由于电离作用,使气体能够导电;某些物质可以发生化学反应;在有机体内可以诱发各种生物效应。电离作用是 X 线损伤和治疗的基础。

③ 荧光作用:有些物质(如磷、铂氰化钡、硫化锌镉、钨酸钙等)受 X 线照射后,由于电离或激发使原子处于激发状态,回到基态过程中,由价电子的能级跃迁而辐射出可见光或紫外线光谱,这种光谱就是荧光,而 X 线使物质发生荧光的作用叫做荧光作用。

④ 热作用:物质吸收的 X 线能最终绝大部分转变为热能,使物体温

度升高,这就是热作用。

还有干涉、衍射、反射、折射作用,这些作用与可见光一样,在 X 线显微镜、波长测定和物质结构分析中都得到应用。

2) 化学效应作用

① 感光作用:当 X 线照射到胶片的溴化银上的时候,由于电离作用,使溴化银药膜起化学变化,出现银颗粒沉淀,这就是 X 线的感光作用。银颗粒沉淀的多少,由胶片受 X 线的照射量而定,再经化学显影,变成黑色金属银,组成 X 线影像,未感光的溴化银则被定影液溶解,使组织影像出现在胶片上。

② 着色作用:当某些物质(如铂氰化钡、铅玻璃、水晶等)经过 X 线长期照射后,其晶体脱水而改变颜色,叫做着色作用。

③ 生物效应: X 线对生物组织细胞具有破坏、瓦解的作用,称为 X 线的生物效应。生物效应是由 X 线的电离作用所造成的。凡生长力强和分裂活动快的组织细胞,对 X 线特别敏感,容易被破坏; X 线停照后,恢复也慢。而软组织对 X 线敏感性较差,破坏性也相对小一些。

(五) 超声波诊断设备

超声诊断仪的工作原理,是向人体组织发射超声波,并接收其与人体组织作用后产生的回波信号,检出回波某种物理参数的变化(如幅度、频率等),然后以某种方式在显示器上显示,并由记录仪记录,供医生诊断。因此,超声诊断仪最基本的结构包括超声换能器、发射电路、接收电路、扫描电路、主控电路、时标距标电路、显示器和打印机等部分。如图 1-4 所示。

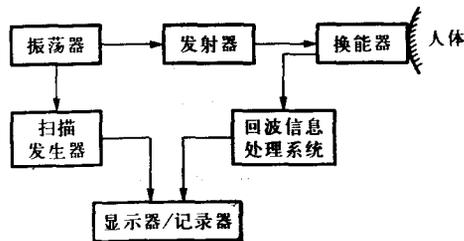


图 1-4 超声诊断仪的组成

1. 超声诊断的临床应用特点

① 超声检查简便、安全。超声成像的突出优点是对人体无痛苦和无剂量积累、无电离辐射,在超声诊断用的功率和诊断检查的时间范围内,对人体没有明显的损伤。这也正是不同于其他现代医学影像检查技术的优点。

② 对实质性脏器诊断非常有效。超声诊断广泛地应用在临床,对实质性脏器(如肝、肾等)的诊断非常有效。

③ 超声诊断时的扫查手法因人而异。在进行超声诊断检查时,超声探头对受检躯体的移动方向、压力等,每个医生都不完全一致,再加上每个人对图像显示的主观感觉差异,造成了超声诊断的主观性成分较高。

④ 分辨力与超声频率有关。超声显像仪的分辨力是衡量质量好坏的最重要的指标,分辨力越高,越能显示出脏器的细小结构。用于成像的超声波波长必须小于 1.0 cm,频率高于 0.15 MHz。根据探查组织的深度及分辨力要求灵活选用超声波频率,如对腹部等较深部位的成像,人们通常选用 1.0~3.0 MHz 之间的频率;而对于穿越长度较短的部位成像,如眼部或其他浅部组织,频率可达 20 MHz;用于血管内超声探头频率高达 40 MHz。

2. 超声诊断仪的基本类型

超声诊断仪分类方法较多,按下列分类法来介绍几种临床常用的超声诊断仪。

(1) 回波幅度法

它是利用超声回波的幅度变化来获取人体内部组织声阻抗变化的信息的方法。依此提供组织、器官结构和形态方面的信息。

① A 型超声诊断仪。A 型显示是超声诊断仪最早、最基本的显示方式。它以回声幅度的大小表示界面反射的强弱,属于幅度调制型,其超声波声束不作扫描运动,只进行一个方向的传播,无法形成直观图像,要根据波形密度、波幅高低、波的活跃程度、形态等作为诊断疾病的基础。诊断的准确性与医生的识图经验有关。因此,此类型诊断仪已很少使用。

② M 型超声诊断仪。M 型超声诊断仪的超声波声束同 A 型一样,都是反映一维的空间结构。与 A 型不同的是,它是利用显示屏上随时间展开的深度变化曲线的亮度,来反映组织界面反射回波大小,属于亮度调

制型。因为 M 型超声诊断仪主要用来检查心脏,当探头的声束通过心脏时,就可得到心脏内各层组织(心壁、瓣膜)到体表(探头表面)的距离随时间变化的曲线,即超声心动图。由于它反映心脏各层组织界面的深度随心脏活动时间的变化情况,故称为 M 型(运动型)。

③ B 型超声诊断仪。B 型超声诊断仪是在 A 型基础上发展起来的,它属于亮度调制型。它的超声波束以直线形或扇形扫描的方向为一个方向,以超声波束传播的方向为另一个方向,这两个方向构成了一个二维切面,切面上光点的亮度与超声回波幅度的大小成正比(或成反比,负像)。提供这种实时灰阶二维切面声像图的仪器称为 B 型超声诊断仪,简称 B 超。

B 型超声波诊断装置(B 超)已成为医院普遍使用的医疗设备,而且发展很快,尤其是在功能和控制方面,各品牌各机型都有各自的特点。近几年来,各生产厂家所生产的 B 超集成化程度越来越高,采用了大规模或超大规模集成电路,超声系统只有两块电路板,包括所应有的基本计算和一些特殊功能,使操作更为简便;目前,国内又引进一种非常小的彩色 B 超 180 型,是目前最小的彩色超声。

在黑白 B 超探头配备方面,便携式机型配备标准线阵探头,只能做腹部检查;在高档机型中,配备心腹两用探头、高频探头、专用探头和穿刺架等,很适合临床做心脏、腹部以及各种脏器的检查,并可在 B 超引导下进行各种特殊治疗,如通过 B 超定位做各种穿刺、碎石等治疗,临床应用比较广。

在彩色 B 超探头配备方面,都配备了宽频带、高频及变频探头、专用探头。为了适应心脏的检查,设有 M 型超声系统和多普勒功能,在心脏检查中可在 B 型超声和 M 型超声之间切换使用,以便观察诊断病变程度,多普勒功能的应用更有利于临床诊断;对心脏功能的计算由过去冻结后测量计算的方法,改为实时的测量计算,使彩色 B 超对心脏疾病的检查具有重要的诊断依据和作用。除此之外,高频探头的配备,还可以做浅表血管血流的测定和计算。本书将以 B 型超声波诊断仪为例,介绍其维修方法,具体参见后文第六章。

(2) 多普勒效应法

它是利用超声回波频率的变化(频差)来获取人体组织器官的运动和

结构信息的方法,可再分为频谱多普勒和彩色多普勒显像仪。

目前临床所用的彩超,具备了多种类型超声显示的诊断系统。它在 B 型图上叠加彩色血流图,既能显示人体组织器官的形态结构,又能反映运动信息。往往这样一个系统包含有 M 型、B 型、D 型、CDFI 和 CDE 等功能。

第二节 医疗器械维修技巧

一、医疗器械维修的技能与注意事项

1. 维修技能要求

医疗仪器设备技术的发展可谓千变万化,一日千里。那些刚参加工作的维修人员面对众多的医疗仪器设备的维修感到不知所措,就连搞了十几年医疗仪器设备维修的人面对这些日新月异的新型医疗仪器设备也感到茫然,医疗仪器设备的维修到底应掌握哪些基础理论和技能呢?

(1) 模拟电路知识

只要有扎实的模拟电路的理论知识,对医疗仪器的维修就会得心应手。很多人在医疗仪器设备维修中碰到的问题是模拟电路问题,例如,医疗仪器设备中的开关电源电路即是典型的模拟电路,而且大多没有图纸,但是只要你能熟悉开关电源的原理(大部分医疗仪器的电源都采用),看起来很复杂的故障其实是最容易排除的。

(2) 数字电路的知识

现今医疗仪器中采用的很多线路都是建立在数字电路的基础上的,这些数字电路主要有:基本逻辑单元电路,比如各种门电路和触发器。特别要熟悉由分立元件组成的门电路,比如由二极管组成的与门或门等;译码电路,特别是 LED 和 LCD 数显译码;各种逻辑电路的搭配使用和接口电路;A/D、D/A 转换电路;记数和分频电路;各种接口电路等等。当然我们不能孤立地看待模拟电路和数字电路,实际维修中往往是这两类电路的结合。在电路分析中能正确分析输入输出逻辑关系是快速判别故障电路所在的基本条件。目前很多仪器的控制电路大量使用组合逻辑电路,维修人员必须能熟练分析。

(3) 熟悉微处理器电路和微机的操作

现在几乎所有的医疗仪器设备均为带 CPU 控制的单片微机或微型机。这就要求我们对单片机系统的硬件构成、工作流程、所用元器件有清晰的认识。

对于那些由微机所控制的系统,在硬件方面,应能进行板级维修:比如换电源,硬盘、软盘、显示卡等的安装,并应掌握一些微机特有的维修方法。比如最小系统法:即对于不能启动的机器可将机器上的板卡、软驱、硬驱电缆线逐步一一拔去,若拔下某一块卡后机器启动了,则为相应的卡有问题,若拔至只剩下内存条时机器还不能启动,则为主板或内存条的故障。软件方面,可从 DOS 入手,熟悉各种 DOS 命令,会编简单的系统启动文件 Config. sys 及 Autoexec. bat,掌握 WIN32、WIN8、WIN2000 的使用方法,以及一些软件,如各种工具软件、各类测试软件、杀毒软件的使用;熟练掌握各公司的 BIOS 的 CMOS 设置要领;搞懂 I/O 口及 DMA、IRC 等概念,熟悉内存的定义、地址及寻址的概念,最好能懂汇编语言。

(4) 传感器、新器件、新电路单元的掌握

医疗仪器设备中信号采集使用了各种传感器,需掌握各种医用传感器性能如电阻式传感器,压电式传感器,电容式传感器,光电式传感器,温度传感器,超声波传感器,以及电化学传感器,如化验室中电解质仪器中用到的 K、Na、Cl 电极,血气分析仪中用到的氧、二氧化碳电极。只有掌握了这些传感器的工作原理,才能准确地分析出故障所在。对于新器件、新电路,如 PAL、GAI 及专用集电块,在实际的维修工作中应逐步掌握它们。

(5) 掌握临床实践有利于故障分析

很多医疗仪器设备故障是测量结果不正常,而不是不能工作,因此需要结合临床加以分析和判断。医疗仪器设备作为医生诊断的助手,维修人员必须有一定的临床知识。例如对于放射科仪器的维修,就得掌握放射摄影原理,这样才能分析出是哪个环节出故障;比如洗出来的片子太黑,细节分辨不清,这可能是 X 线机的故障,也可能是自动洗片机的故障;又如血细胞计数仪测量结果不准,就得先知道正常人各种结果的准确范围,然后才能判别仪器某一部分是否正常。这里有一例可以说明这个问题:一台 ECG-6353 三通道心电图机,维修中定标 1 mV 信号均正常,但

医生反映心电图 V_4 波形失真(幅度小)。接修后,将机器接上模拟心电发生器,让机器打印一份心电图报告,分析心电图波形后发现 V_4 波形明显失真,因为从临床心电图波形分析 V_4 与 V_3 , R 波幅度应增大,但现在 V_4 的 R 波反而比 V_3 小,显然这是不正常的。再根据心电图机的电路原理,故障肯定在导联选择开关之前,因此去除 V_4 导联外,其余导联波形正常。查与 V_4 相关的电路,最后查出为模拟开关 IC 故障,原因是模拟开关接触电阻增大所致。从这例故障机的维修中我们可看出,医疗仪器设备的维修,不仅要有深厚的电子、电脑技术的功底,还得成为半个放射科医生、半个检验人员、半个心电图室医生等。

(6) 维修大型的医疗仪器设备读图的技巧

要熟悉一大型的医疗仪器设备,首先要对该仪器信号的流向有大致的了解,弄懂整个系统的电源控制流程,特别重视系统的方框原理图。只有这样,才能由表及里,由普通到复杂,逐步掌握整个系统的维修。比如一台数字成像 X 线机系统,其电气控制柜有五六个,大小电路板有上百块。但只要掌握了这个系统的信号流程,将每一块电路板,甚至每一个控制柜划分成很多功能模块,对每一模块可以看成是一个“黑匣子”,只考虑他们的输出、输入关系,把故障缩小到一个或两个模块上,然后只打开一个或两个“黑匣子”,问题将变得简单了。对于一些进口仪器,每个厂家的电路图方式各异,能掌握读图技巧,包括代号、图与图之间的关系,也十分重要。

(7) 加强“应急能力”的训练

所谓“应急能力”就是在紧急情况下处理问题的能力,能在较短的有限时间内处理出现的紧急问题。紧急情况有以下几种:

- ① 医疗正在抢救中。
- ② 在做手术中。
- ③ 危重患者的监护和治疗。
- ④ 外出“会诊”等。

这些情况共同的特点是可利用时间少,条件限制性和机器类别的随意性大,这就要求维修人员具有较高技术水平和职业道德。应急能力应是在时间与条件限制下,尽快让医疗仪器设备先“动”起来,包括:带有配件,去除一些功能等,能灵活运用。

(8) 维修医疗仪器设备应掌握英语

对于一些大型进口的医疗仪器设备,操作及维修手册大多是英文版,很多大型设备操作与维修均采用人机对话方式,多为英文界面,英语水平的高低直接影响到维修工作,提高英语水平,是做好仪器维修的重要条件。

2. 医疗器械维修注意事项

(1) 人员安全性

很多医疗仪器设备在维修时会对维修人员的安全产生危害,如机内高压(除颤器、高频电刀、X线高压发生器)、激光(各种治疗、手术激光)、放射源(放疗设备、X线等)及有化学和病源性污染的仪器(生化检验设备)。在维修时必须引起注意,要有必要的安全保护措施,如戴橡皮和塑料保护手套,防止工作时划破皮肤,是防止化学和病源性污染的有效方法。

(2) 对仪器的安全保护

对仪器的安全保护与其他电子仪器维修一样,在维修过程中,如不小心可能造成仪器人为损坏,主要原因有:

① 静电损坏。目前 CMOS 电路因静电的损坏可能性大量增加,尤其在冬季、干燥季节,很多仪器的维修手册提醒维修人员,要采取防静电接地措施,如专用接地垫子、接地腕扣等。

② 电气工具漏电造成损坏。使用老式电烙铁,在没有接地的情况下,漏电易使集成电路损坏。示波器在没有接地情况下,由于电源输入带有高频滤波电路,机壳会浮地带电,电压可达 1/2 进线电压,可能击穿测量元件。

(3) 维修中调整工作的注意事项

在没有掌握工作原理与必要的调整手段时,不要轻易改动机械定位、光路系统。很多仪器工作时,是用机械和光电(耦合器)定位的,机械和光电定位的改变,影响到整个工作程序的动作和测量精度,必须十分注意。光路调整是在专用设备下进行调整的,一般情况下不要改动。否则会造成功器测量精度下降,甚至不能正常工作。有些仪器的维修手册中会提示“警告”维修人员维修操作程序。电路板上的可调电位器,有的都用油漆封固,表示可调状态已固定,这些电位器大多是调增益、阈值参比电压、

CMMR 等,在没有确定可调电阻已变值和损坏或确认需重调时,一般不能随意调整,否则会影响整个仪器的测量精度。

二、医疗器械故障维修思路

1. 故障维修流程

(1) 了解故障情况

在检修医学电子仪器之前,确切了解仪器发生故障的经过情况以及已发现的故障现象,这对于初步分析仪器故障的产生原因,很有启发作用。

(2) 观察故障现象

检修医学电子仪器必须从故障现象入手。对待修仪器进行定性测试,进一步观察与记录故障的确切现象与轻重程度,对于判断故障的性质和发生故障的部位很有帮助。但是必须指出,对于烧熔丝、跳火、冒烟、焦味等故障现象,必须采用逐步加压(指交流电源的电压)的方法进行观察,以免扩大仪器的故障。

(3) 初步表面检查

在检修医学电子仪器时,为了加快查出故障产生原因的速度,通常是先初步检查待修仪器面板上开关、旋钮、度盘、插头、插座、接柱、表头、探测器等是否有松脱、滑位、断线、卡阻和接触不良等问题;或者打开盖板,检查内部电路的电阻、电容、电感、电子管、石英晶体、电源变压器、熔丝管等是否有烧焦、漏液、击穿、霉烂、松脱、破裂、断路和接触不良等问题。一经发现问题,予以更新修整。

(4) 研究工作原理

如果初步表面检查没有发现问题,或者对已发现的毛病进行整修后仍存在原先的故障现象,甚至又有别的器件损坏,就必须进一步认真研究待修仪器说明书提供的有关技术资料,即电路结构方框图、整机电路原理图和电路工作原理等,以便分析产生故障的可能原因,确定需要检测的电路部位。即使对比较熟悉的仪器设备,电子仪器的维修者也应该查对电路原理图,联系故障现象进行思维推理,否则就将无从下手,事倍功半。

(5) 拟定测试方案

根据医学电子仪器的故障现象以及对仪器工作原理的研究,拟定出检查故障原因的方法、步骤和所需测试仪表的方案,以便做到心中有数,

这是进行仪器检修工作的重要程序。

(6) 分析测试结果

下一步是根据测试所得到的结果——数据、波形、反应,进一步分析产生故障的原因和部位。通过再测试再分析,肯定完好的部分,确定故障的部分,直至查出损坏、变值、虚焊的器件为止。因为仪器的修理者对于故障原因的正确认识,只有在不断地分析测试结果的过程中,才能由片面到全面,由个别到系统,由现象到实质。这是检修医学电子仪器的整个程序中,最关键而且最费时的环节。

(7) 查出毛病整修

医学电子仪器的故障,无非是个别器件损坏、变值、蜕变、虚焊等引起,或是个别接点开断、短路、虚焊、接触不良等造成。通过检测查出毛病后,就可进行必要的选配、更新、清洗、重焊、调整、复制等整修工作,使仪器恢复正常功能。

(8) 修后性能检定

对修后的医学电子仪器要进行定性测试,粗略地检定其主要功能是否正正常。如果修整更新的器件会影响仪器的主要技术性能,在修复后还应进行定量测试,以便进行必要的调整与校正,保持仪器的测量准确。

(9) 填写检修记录

修复一台仪器后,为了能在理论上和实践上有所提高,必须认真填写检修记录。检修记录包括的内容有:待修医学电子仪器的名称、型号、厂家、机号、送修日期、委托单位、故障现象、检测结果、原因分析、使用器材、修复日期、修后性能、检修费用、检修人、验收人等。

2. 故障原因分析

医学仪器故障诊断的最终目的是修复及校正医学仪器系统。所谓“医学仪器系统”不仅仅是仪器本身,还涉及仪器的操作者和仪器所处的环境。操作者、环境以及仪器本身这三个因素中任何一种出现问题,均可导致生物医学仪器系统出现故障。作为普遍的规律,这三个因素出现问题的几率是相等的。

(1) 操作者

操作者由于对仪器的不熟悉或疏忽,在使用生物医学仪器时将会带来仪器的故障。

(2) 环境

医学仪器和操作者周围的环境是医学仪器系统使用的重要条件,环境及其他条件的影响也是引起医学仪器故障的主要原因之一。

(3) 仪器

仪器是执行测量及控制等功能的装置。由仪器产生的故障通常有两大类:

① 非电类故障。这是最可能引起医学仪器故障的原因,这类故障包括接插件连接松弛、灰尘、腐蚀、机械疲劳等。

② 电子类故障。主要是指元件和电路的故障。

医学仪器的维修及故障寻找通常有两种方法:一种是根据线路理论进行分析,一种是根据以前的维修记录进行分析。前者称为线路理论分析法,后者称为故障类型分析法。在医学仪器的维修中,通常两种方法并用。

故障诊断寻找应从系统层+单元层+功能模块层+电路板层+元件层逐级进行。在整个故障寻找及维修过程中,维修人员应多思考、多观察和多测试,从而找出故障产生的原因,并修复之。在修理过程中应尽量地利用各种有效的信息源,包括利用手册、参考书及其他一些技术数据、维修记录,以及请教同行专家、代理商及制造厂家等。

三、医疗器械故障诊断方法

1. 电气故障诊断方法

医学电子仪器故障诊断的关键在于选用适当的检查方法,发现和判断和确定产生故障的部位和原因。故障诊断的基本方法,一般可归纳为不通电观察法、通电观察法、对症下药法、测量电压法、波形观测法、信号注入法、信号寻迹法、电容旁路法、分割测试法、器件替代法、改变现状法、整机比较法、测量电阻法及测试器件法等 14 种。只要根据仪器的故障现象和工作原理,针对各种问题特点,交叉而灵活地加以运用这几种方法,就能有效而迅速地进行故障诊断。

(1) 不通电观察法

在不通电的情况下,观察仪器面板上开关、旋钮、刻度盘、插口、接线柱、探测器、指示电表等有无松脱、滑位、卡阻、断线等问题,打开仪器的外壳盖板,观察仪器内部的元件、器件、插件、电源变压器、电路连线等,有无

烧焦、漏液、发霉、击穿、脱落、开断等现象。

(2) 通电观察法

通电观察法特别适用于检查跳火、冒烟、异味、烧熔丝等故障现象。这些故障通常发生在仪器的整流电路部分,通电观察时,首先应注意观察整流管的工作状态。

(3) 对症下药法

在仪器的说明书中,大多有比较完整的维修与调整资料,如各级电路的工作电压数据表、波形图以及常见故障现象、原因、检修方法对照表等,对于仪器检修者都是很有价值的参考资料。因此,故障诊断时,可根据故障现象,参照现成资料对症下药,以加快仪器的修复。

(4) 测量电压法

检查仪器内部各种电源电压是否正常,是分析故障原因的基础。因此,故障诊断,应先测量待修仪器中各种直流电源的电压值是否正常,即使已经确定故障所在的电路部位时,也经常需要进一步测量有关电路中的电子管、晶体管各个电极的工作点电压是否正常,这对于发现与分析故障的原因和损坏的器件,都是极有帮助的。

(5) 波形观测法

故障诊断时,使用电子示波器来观测待修仪器的振荡、放大、倒相、整形、分频、倍频、调制等电路部分的输出和输入信号波形,可以迅速地发现产生故障的部位,有助于故障原因的分析,进一步确定检测的方法与步骤。

(6) 信号注入法

使用外部的相应信号源,从待诊断仪器的终端指示器的输入端开始注入,然后依序向前级电路推移,注入测试信号到各级电路的输入端,同时观察仪器终端指示器的反应是否正常,作为确定故障存在的部位和分析故障发生原因的依据。

(7) 信号寻迹法

作用适当频率和振幅的外部信号源,作为测试信号电压,加到待修仪器的输入端或多级放大器的前置级输入端,然后利用外部的电子示波器,从信号输入端开始,逐一观测后边各级放大器的输入和输出信号的波形和振幅,以寻找反常的迹象。

(8) 电容旁路法

在检修有寄生振荡或寄生调幅等故障现象的电子仪器时,通常采用电容旁路法来检查和确定发生问题的电路部分。具体的方法是,使用一个适当容量和电压的电容器,临时跨接在有疑问电路的输入端,使之对“地”以观测其对故障现象的影响。如果故障现象消失了,表明问题存在于前面各级电路中;反之,故障不消失,表明问题存在于本级电路。

(9) 分割测试法

有些医学电子仪器的组成电路部分比较复杂,涉及的器件很多,并且互相牵制,多方影响。因此,在进行故障诊断时,必须采用分割电路的方法,即脱焊电路连线的一端,或者取离有关的电子管和单元板插件,观测其对故障现象的影响,或者单独测试被分割电路的功能,这样就能发现问题所在,便于进一步检查故障的产生原因。

(10) 器件替代法

在医学电子仪器故障诊断时,最好不要拆动电路中的元件和器件,特别是精密仪器,更不应随便拆动。通常先使用相同型号、相同规格、相同结构的元件、器件、印刷电路板、单元插接部件等来临时替代有疑问的部分,以便观测其对故障现象的影响。如果故障现象消失了,表明被替代的部分存在问题,然后再行脱焊更新,或者进一步检查故障的原因。

(11) 改变现状法

改变现状法是指在医学电子仪器故障诊断时,有意变动有关电路中的半可调元件,也包括有意触动有关器件的管脚、管座、焊片、开关角点等,甚至大幅度地改变有关元件的数值或有关电路的工作点,以观测其对故障现象的影响,往往就会使接触不良、虚焊、变值、性能下降等问题暴露出来,以便加以修整、更换,从而排除故障修复仪器。

(12) 整机比较法

医学电子仪器故障诊断时,需要有电路正常时的工作点电压数值和工作波形图作为参考,以便采用测量电压法和波形观测法来比较其差别而发现问题。因此,在缺少有关技术资料,并且已使用多种检测方法仍难以分析故障的发生原因,或者难以确定存在问题的部位时,通常采用整机比较法,即利用同一类型的完好仪器,对可能存在故障的电路部分,进行工作点测定和波形观测,以比较两台好坏仪器的差别,往往就会发现问题

题,并有助于故障原因的分析。特别是对于诊断复杂的电子仪器,颇能解决问题。

(13) 测量电阻法

医学电子仪器故障诊断时,经常发现由于电路器件的插脚或滑动接触不良,或者个别接点虚焊,或者电阻变值,以及电容器漏电等,从而导致故障的发生。这些问题都需要在待修仪器不通电的情况下,采用测量电阻法进行检查,以寻找故障所在之处。

(14) 测试器件法

在医学电仪器故障诊断时,对有疑问的电路进行定量的测试,有助于确定和分析故障产生的原因。必须指出,各种器件的测试仪器,其测试条件和待修仪器的工作条件不完全相同,经常遇到对有疑问的器件通过测试是好的,接在电路中使用却出现问题的情况。因此,除了明显的参数变值和性能下降外,必要时应借助器件替代法才能确定有疑问器件的质量好坏。

2. 机械故障诊断方法

所谓机械故障诊断就是根据机械设备运行过程中产生的各种信息来判断机械设备是正常运转还是发生了异常现象,也就是识别机器是否发生了故障。其含义是:定量地掌握设备状态,如设备的性能参数、零件的应力状态、设备性能的劣化和零部件损伤的程度等等;预测设备的可靠性,如果存在异常,则对其原因、部位、危险程度等进行识别和评价,决定修理方法。

多数机械故障都可以从外观观察得到判定,这种直接观察的故障判断方法为直接诊断法。但许多难以拆开的设备或机械零件,设备内部的机械故障是无法用观察法来判断的,如医用手术床、X线机、医用离心机、全自动生化分析仪等多机械部件的医疗设备内部所出现的机械故障。因此,医疗设备的机械故障诊断还需用到一些间接诊断技术。

由于机械设备运行的状态、环境条件各不相同,因此采用的诊断方法亦不相同。大体可分为:

(1) 功能诊断和运行诊断

对于新安装或刚维修好的机械设备需要诊断它的功能是否正常,并根据检查和诊断的结果对它进行调整,这就是功能诊断;而对正常运行的

机器或设备则进行状态的诊断,监视其故障的发生和发展,这就称为运行诊断。

(2) 定期诊断和在线监测

定期诊断是指间隔一定时间对工作的机器进行一次检查和诊断,也叫做巡回检查和诊断,简称巡检。在线监测则是采用现代化仪表和计算机信号处理系统对机器或设备的运行状态进行连续监测和控制。

(3) 直接诊断和间接诊断

直接根据关键零部件的信息确定这些零部件的状态叫做直接诊断,例如对轴承间隙、齿面磨损、轴或叶片的裂纹等进行直接观察和诊断。由于受到机器结构和运行条件的限制而无法进行直接诊断时,只好采用间接诊断,如在机器设备运行过程中,对轴承的间隙和磨损、轴的裂纹发生和扩展都很难直接测量,我们可间接测出机械设备运行时的噪声、振动、油液中的磨损碎粒、轴承的温度和声波等二次信息来判断机器工作是否正常。但这种间接诊断方法往往要汇集多方面的信息,反复分析验证,才能避免误诊。

(4) 常规诊断和特殊诊断

在常规工况也就是设备正常运行条件下进行的诊断叫做常规诊断,大多数诊断都属于这一类。但在个别情况下需要创造特殊的运行条件来采集信息,例如空压机的启动和停车过程中要通过转子的几个临界转速,这就需要采集启动和停车过程中的振动信号,而这些信号在常规诊断中是得不到的。

(5) 简易诊断和精密诊断

简易诊断一般是由现场工作人员对机械设备“健康”状态作出概括性评价的诊断方法。精密诊断的目的是对简易诊断判定的“大概有点异常”的机械设备进行专门的精确诊断,由专门人员实施。对于具体的机械设备,究竟采用哪些诊断方法,需要根据设备的重要程度、设备故障的危害程度和运行中故障产生和发展的速度等,综合进行考虑,选择最佳的和经济可行的诊断方法。

3. 机械故障的简易诊断方法

(1) 简易诊断及其在医疗设备机械故障诊断中的意义

简易诊断就是靠人的感官功能(视、听、触、嗅等)或再借助一些简单

仪器、常用工量具对机械设备的运行状态进行监测和判断的过程。

简易诊断虽然是定性的、粗略的和经验性的,但对医疗设备的管理和维修具有一定的现实意义。首先,在我国,代表先进水平的精密诊断技术的应用还不普及,其开发和推广应用还需一段较长的时间。其次,在机械结构不占主要部分的医疗设备中应用过于复杂的高价值诊断仪器很不合算。再说,即使科学技术高度发展了,人的感官监测诊断技术也不可能被现代化的精密诊断技术完全取代。因此,从实际出发,推广应用简易监测诊断技术是非常必要的,特别是对于医疗设备中机械设备尤为必要。

(2) 常用的简易诊断方法

常用的简易诊断方法主要有听诊法、触测法和观察法等。

① 听诊法。设备正常运转时,伴随发生的声响总是具有一定的音律和节奏,只要熟悉和掌握这些正常的音律和节奏,通过人的听觉功能就能对比出设备是否出现了重、杂、怪、乱的异常噪声,判断设备内部出现的松动、撞击、不平衡等隐患。用手锤敲打零件,听其是否发生破裂杂声,可判断有无裂纹产生。

电子听诊器是一种振动加速度传感器,它将设备振动状况转换成电信号并进行放大,工人用耳机监听运行设备的振动声响,以实现对声音的定性测量。通过测量同一测点、不同时期、相同转速、相同工况下的信号,并进行对比,来判断设备是否存在故障。当耳机出现清脆尖细的噪声时,说明振动频率较高,一般是尺寸相对较小的、强度相对较高的零件发生局部缺陷或微小裂纹。当耳机传出混浊低沉的噪音时,说明振动频率较低,一般是尺寸相对较大的、强度相对较低的零件发生较大裂纹或缺陷。当耳机传出的噪声比平时增强时,说明故障正在发展,声音越大,故障越严重。当耳机传出的噪声杂乱无规律地间歇出现时,说明有零件或部件发生了松动。

② 触测法。用人手的触觉可以监测设备的温度、振动及间隙的变化情况。人手上的神经纤维对温度比较敏感,可以比较准确地分辨出 80°C 以内的温度。当机件温度在 0°C 左右时,手感冰凉,若触摸时间较长会产生刺痛感。 10°C 左右时,手感较凉,但一般能忍受。 20°C 左右时,手感稍凉,随着接触时间延长,手感渐温。 30°C 左右时,手感微凉,有舒适感。 40°C 左右时,手感较热,有微烫感觉。 50°C 左右时,手感较烫,若用掌心按

的时间较长,会有汗感。 60°C 左右时,手感很烫,但一般可忍受 10 s 长的时间。 70°C 左右时,手感烫得灼痛,一般只能忍受 3 s 长的时间,并且手的触摸处会很快变红。触摸时,应试触后再细触,以估计机件的温升情况。

用手晃动机件可以感觉到 $0.1\sim 0.3\text{ mm}$ 的间隙大小。用手触摸机件可以感觉振动的强弱变化和是否产生冲击,以及滑轨的爬升情况。用配有表面热电偶探头的温度计或红外测温仪测量滚动轴承、变速箱、电动机等机件的表面温度,则具有判断热异常位置迅速、数据准确、触测过程方便的特点。

③ 观察法。人的视觉可以观察设备上的机件有无松动、裂纹及其他损伤等;可以检查润滑是否正常,有无干摩擦和跑、冒、滴、漏现象,可以查看油箱沉积物中金属磨粒的多少、大小及特点,以判断相关零件的磨损情况;可以监测设备运动是否正常,有无异常现象发生,可以观看设备上安装的各种反映设备工作状态的仪表,了解数据的变化情况,可以通过测量工具和直接观察表面状况,检测产品质量,判断设备工作状况。把观察的各种信息进行综合分析,就能对设备是否存在故障、故障部位、故障的程度及故障的原因作出判断。

通过仪器,观察从设备润滑油中收集到的磨损颗粒,实现磨损状态监测的简易方法是磁塞法。它的原理是将带有磁性的塞头插入润滑油中,收集磨损产生出来的铁质磨粒,借助读数显微镜或者直接用人眼观察磨粒的大小、数量和形状特点,判断机械零件表面的磨损程度。

4. 医疗器械应急修理方法

目前很多医学仪器在故障定位后,通常采用换电路板的方法,但常误工期且影响医学仪器的使用,造成不必要的损失。因此维修人员在熟悉仪器性能、结构及常见故障后,应学会应急修理技巧,即在找不到一个完全一致的元件来替代的情况下,利用知识来选择等效替代元件,使它在所有重要特性上相当或超过原来的(损坏的)元器件。紧急修理场合,可以采用下列等效替代方法:

(1) 并联替代法

将两个或两个以上的元件并联后替代某个元器件,电阻、电容、二极管、三极管、电源变压器、熔丝等均可采用这种方法。两个及两个以上元件并联后,其电参数将发生变化,电阻并联后阻值比最小的电阻数值小,

但功率会增大。

(2) 串联替代法

将两个或两个以上的元器件串联后,可替代某个元器件。电阻串联后,可增加阻值;电容串联后,容量减小,但耐压增加;二极管串联后,可增加耐压值。

(3) 应急拆除法

某些用来减小交流纹波的元件、电路调整用元器件等辅助性功能元件,一旦击穿后,不但不起辅助功能作用,而且会影响电路甚至整机工作,可采用应急拆除方法恢复电路及整机工作。应急拆除辅助元件,可能会使部分辅助功能丧失,这在使用时应引起注意。

(4) 临时短路法

某些在电路中起某种辅助作用的元器件,损坏后可能会导致电源中断及信号中止,如果用导线将损坏的元器件两端短路,仪器可恢复工作。临时短路法不适宜用于电容器及集成电路。

(5) 变通使用法

两个或两个以上的部分功能损坏的元器件,可充分利用其尚未损坏的功能,重新组合,作为一个功能齐全的元器件使用,一些集成电路及厚膜电路适用这种场合。

(6) 主次电路元件相互交换法

某些主要电路中的元器件损坏或性能变差后,会影响仪器的正常工作。可对性能关系不大的次要电路中的元件来替代或与之交换使用,以确保主要功能恢复正常。

(7) 挖潜法

将某些暂不用或暂未发挥作用的通道和波段中的元件充分利用起来,确保常用或急用的功能。该法只是一种应急措施,应尽量避免使用。

(8) 组件代用法

某些较简单的厚膜电路或集成电路全部功能或部分功能损坏后,可采用分立元器件装成组件替换,或用外接分立元器件通过引脚与内部电路连接,使损坏部分的功能得到恢复。

(9) 电击修复法

某些线径较小的电感线圈、变压器断路后,可用较高的电压将断路的

两端重新熔接。一些陶瓷滤波器漏电后,亦可用高压产生电火花使漏电处烧断。电击修复法的成功率取决于采用合适的电压和电流。

(10) 降压使用法

为了使某些性能变差的元件继续使用,可采用调整电源的取样电阻,使直流稳压电源输出电压适当降低。降低工作电压有时可克服电路的自激。

(11) 加接散热片法

若发现某些未加散热片的发热元器件(大、中功率管和集成电路)过热,可加接散热片提高工作质量和提高元器件的工作寿命。

(12) 修改电路法

若因设计不当而使仪器的性能不够完善时,可采用增补某些元器件,例如加接高频旁路电容增强抗干扰能力。若某种元器件购买困难时,可适当修改原电路,使仪器正常工作。

(13) 自制元件法

如果购不到合适的元器件,在熟悉元器件性能的前提下,可自制某些元器件。

四、医疗器械常用电子元件的故障维修

电路元件是构成电气设备最基本的“单元”,因此,掌握元件好坏的基本检查、判断方法,对于医疗仪器或电气设备的检修工作有很重要的意义。常用电子元件有电阻、电容、电感、变压器、各种晶体管及集成块等。下面针对它们的常见故障及简单判断方法介绍如下:

1. 电阻

电阻的常见故障有:过流烧断、阻值改变、断裂、脱焊等。这些故障大多数可从外观或用万用表检查加以确定。但应注意,对连接在线路中的电阻进行检测时,首先应关断电源,否则,容易损坏万用表。另外接在线路中的电阻由于并联效应,测得的值比真实值要小得多,所以应焊下一端后再测量。

2. 电位器

电位器是阻值可调节变化的电阻,它的常见故障是长时间使用后,触点因积有污垢或磨损而接触不良,这种故障可用万用表检查滑动触头与某一固定接线片的阻值是否均匀连续地变化,或观察线路中的信号是否

伴随着电位器的调节而出现脉冲干扰来确定。

3. 电容

电容的故障是：击穿短路、内部开路、漏电、容量降低或失效等，电容的这些故障也可用普通万用表的欧姆挡大致确定。普通指针式万用表检查电容的质量，选用适当的“ Ω ”挡观察它的充放电特性。对容量较大的电容，测量时表针摆动的幅度很大——电容完好；表针不动——电容已失效或内部开路；表针指示为零或低电阻——电容已击穿；表针摆动，但返回时停在一个较低阻值上——电容漏电；表针向“ $0\ \Omega$ ”方向摆动幅度小——容量减小。

对于小容量电容，普通万用表一般测不出它的开路故障，只能检查它是否已被击穿短路，电容击穿是电路发生短路故障的原因之一。不过使用数字表时，有的能够测量电容量，一般精确测量电容量需用专用电容表。

4. 电感

电感常发生的故障是短路或断路。断路故障很容易由万用表测出，而短路一般要在知道参数时才能确定。

5. 常用半导体器件

这里包括二极管、稳压管、发光二极管、三极管、场效应管、可控硅等。

用普通万用表的“ $\times 1\ \text{k}\Omega$ ”挡检查半导体器件，主要看它们的PN结正反向电阻的大小是否符合“单向导电性”，基本方法如下：

① 二极管。锗二极管的正向电阻为数欧，反向为数百千欧；硅二极管正向电阻为数千欧，反向为无穷大。总之，正反向阻值相差越大越好，正向电阻 ∞ 表明二极管内部断路；相反电阻为零则表明已被击穿。

② 稳压管。测量方法与普通二极管基本相同。一般稳压管为几伏稳压管，可用“ $\times 10\ \text{k}\Omega$ ”挡估测反向击穿时的稳压值。稳压管大的可在线路上测或制作试验电路测试。

③ 发光二极管。方法与检查普通二极管相同，但正反向阻值较大。不发光情况下，正向应为数百千欧以上，反向为无穷大。若测得正向值太小，甚至为零，反向不为无穷大均不正常。

④ 三极管。对于普通小功率管，用“ $\times 1\ \text{M}\Omega$ ”挡测量。对NPN型管，将负表笔接b极，分测b-e、b-c的PN结正向电阻，应为数百欧（锗管）

或数千欧（硅管）；然后将正表笔接b极，反测b-e、b-c的PN结反向电阻，锗管应为数十千欧以上，硅管为数百千欧，再测c-e间电阻，锗管两个方向均应在数十千欧以上，硅管为数百千欧至 ∞ ，则管子正常。PN结的故障多数为断路或短路，比较容易判断。三极管的 p 值一般指针式万用表和数字式万用表都能直接测量，如果 p 值太小（低于20）不适用， p 值过大（高于200）稳压性能变差。对于一些怀疑有软故障的三极管，可用电烙铁烘烤，测参数有无明显变化而判断。

⑤ 场效应管。对MOS管，用 $R\times 100$ 挡，测漏（d-s）电阻，两个方向均应在数十欧至数百欧，如较大或无穷大，则不正常。用 $R\times 100\ \text{k}$ 挡测栅极（g1-g2）、栅源（g1-s、g2-s）及栅漏（g1-d、g2-d）间电阻，正常时均为双向无穷大。

⑥ 单结晶体管的测量方法基本与普通三极管相同，其栅源、栅漏间应有PN结电阻，漏源间应有直流电阻（双向一样），否则管子不正常。

⑦ 可控硅用“ $\times 10\ \text{k}\Omega$ ”挡测其阳极与控制极、阴极间正反向电阻，均应为无穷大，再用“ $\times 100\ \Omega$ ”挡测控制极与阴极的正向电阻（数百至数千 Ω ），如阻值很大或“ ∞ ”，则PN结已开路。

如果使用数字万用表，则可选用PN结导通电压测量挡，对以上器件中的PN结正向压降进行测量（锗约0.2V、硅约0.6V），这些器件的性能参数可用专用的特性图示仪等测试工具进行检查。

⑧ 集成电路一般采用测量各脚的直流电压是否正常或用同型号集成块进行替换观察。另外也可通过检查输入输出信号的情况加以判断，也可用逻辑分析仪和电路维修测试仪来检查。

第三节 医疗器械的日常维护与保养

一、医疗器械的一般维护与保养

随着医疗技术的进步，医疗范围逐渐扩大，患者的生存质量得到提高。在医疗工作中，发挥医疗器械的作用是十分重要的。因此，应做好医疗器械的维护与保养，延长医疗器械的使用寿命，降低成本，减少浪费，提高医疗质量。

1. 医疗器械的维护

(1) 器械的消毒

器械的消毒浸泡: 器械使用后可放入1%的533含氯消毒液中浸泡15~20 min, 取出后即予清水冲洗。因氯化物易腐蚀金属, 故浸泡时间不宜过长, 否则会腐蚀器械。避免将器械浸泡于盐水之中, 也不要让血液在器械上沾染太久, 因器械被血液或盐水接触过久后易导致腐蚀, 形成斑点。

(2) 器械的清洗

清洗器械时避免碰撞、掉落或压在重物之下。清洗器械时, 先要用毛刷洗净关节面以及轴节部分, 除去残留物质, 然后用清水冲净。为避免器械生锈, 要就地清洗消毒, 分拣已生锈的器械, 勿把生锈的器械与完好的器械放在一起处理。

(3) 器械的烘干

器械经清洗、浸泡, 清水冲净后, 应放入烘干机中烘干, 取器械宜单件夹取或小量取, 避免一大把抓, 还有器械不可用丢的动作, 因“丢”的动作将会加速器械的损伤。器械的尖锐处或尖端处必须加以保护, 避免器械“倒插”及被重物压置。器械烘干后, 轻轻地将烤箱门打开, 勿过重开门, 造成器械掉落, 然后用盘子装取。

2. 医疗器械的保养

各类不同的器械按其性能给予保养, 其目的是保持正常功能, 以利于在临床操作中充分发挥器械的功能及延长其使用寿命。器械保养原则有:

① 为了医疗器械保养维修工作能够顺利进行, 医疗机构应筹备必要的维修资金, 供方应对医疗机构积极宣传医疗器械维修的重要性。

② 其次, 要注意科学使用管理, 对使用医疗器械也要建立相应的制度和措施:

a. 贵重精密仪器应固定专人使用, 不能随意换人操作。

b. 对使用人员要进行技术训练, 要求熟练掌握和严格执行操作规程, 每次开机前都要做到认真检查。

c. 要经常检查使用效能, 察看磨损情况, 如发现异常, 立即停止使用, 查明原因, 排除故障, 确保其功能正常。

d. 要注意设备室内的湿度、温度、通风等条件, 并注意防震和日晒。

③ 对各种医疗器械要经常坚持维修保养, 要建立维修档案和报损

制度:

a. 建立医疗器械使用、维修档案, 其内容包括图纸、说明书、线路图等, 要详细记载维修时间、发生故障的部位和损坏程度等。

b. 医疗设备损坏或出现故障后, 操作使用人员要立即报告器械设备科, 由器械设备科联系安排技术人员修理。

c. 每次维修时都应按照档案要求认真记录, 不得将器械任意拆散、弃置, 维修完后要建立验收手续。

二、常用医疗器械的日常维护与保养

1. 心电图机的使用与维护

心电图机是医疗诊断时常用的电生理检测仪器。心电图机的种类很多, 不同级别医院使用的心电图机也各不相同。在心电图机的使用过程中, 普遍存在一些问题, 如涉及病人的安全、心电检测结果的准确率及对心电图机本身的养护等, 都应引起重视。

(1) 心电图机在使用中应注意病人的安全

一般中大型医院使用的都是 ECG-6511、ECG-6151 等型号心电图机, 采用了浮地设计, 防电击, 安全性能都大大提高。但是在使用中为保护病人及使用者安全, 以及减小外界对心电图机的干扰, 还是强调外壳必须接地。有条件的心电图室最好安装独立地线, 也可用自来水管或与大地接触良好的金属体作为接地线。注意, 在连接时要去掉接触部位的锈斑或油漆, 而煤气管等有爆炸危险或有带电危险的管线是绝对禁止用来接地的。多种仪器与心电图机配合使用时要有公共接地点, 对于还使用无浮地隔离设计、输入 RL(黑线、接右脚) 导联线直接与外壳相连的心电图机建议停止使用, 避免发生电击危险。

(2) 心电图机在使用中应注意抗干扰

首先应克服电磁干扰。我们平时所处的空间是个电磁场的空间, 电磁场对体会产生感应电压, 这就是心电检测中主要的干扰电压。交流电网、无线通信设备及其他电子仪器都会产生干扰电压。实际干扰电压一般都大于人体心电信号, 所以抗干扰对准确检测心电信号是个重要问题。现代心电图机在设计时采用数字技术、屏蔽技术等对干扰电压作了最大限度的抑制。但是心电图机的操作使用过程中, 还要注意一些问题, 避免人为加大干扰。例如, 给病人做心电图的地点要远离 X 光室, 理

疗室、电梯、配电房、高压线、电力线等,以减小或避免电磁干扰,专门的心电图室最好安置屏蔽。诊查床摆放位置应尽量避免室内的电源布线,并与之保持 1 m 以上的距离,且要与室内主要电源线的走向呈纵向垂直状态。若诊查床是铁床,床身应接地,床与病人应有良好的绝缘。病人的手还应该注意不可接触墙壁。其次,在做心电图时应避免病人紧张、四肢移动,否则会产生肌电干扰。病人情绪不宁、呼吸过大,还会造成漂移。最后要注意的是来自电极和导联线的干扰。在操作使用心电图机时绝不可将银—氯化银电极和镀银电极同时混用,否则因材料不同将产生很大的极化电压。还应特别注意的是使用导电膏等电解质不要与电极外面的导联线插头等部件接触,否则同样会使极化电压增加。导联线使用不当也会造成干扰,导联线的走向应与病人身体方向相同。导联线与电极的连接要牢固,不能有松动。在做心电描记时,必须将全部导联都与人体相应部位相连接,不得有部分导联空置不接,以防干扰介入。

(3) 心电图机在使用中应注意保养

心电图机是精密医疗仪器,它要将微弱的人体电生理信号准确检出,并放大输出,所以越是前级,其对后级及整体输出的影响就越大,因此,电极导联线的完好对心电图机的正常使用就显得特别重要,但恰恰这些部件经常操作最易损坏,要求格外保护。

2. 脑电图机的使用与维护

脑电图机的存放和使用地点应该比较干燥、清洁,气温不要过高或过低,地板要防止震动,还要防止灰尘进入仪器内部。在不使用的时候应该用布罩罩起来。脑电图仪必须有专人负责保管和使用。除此之外,还应注意下列事项:

① 脑电图机如果长期停止使用,必须定期通电,以驱除潮气和防止生锈,一般每月通电 1~2 次,每次通电时间 1 h 左右。

② 脑电图机使用的墨水是专用的,不宜用其他书写墨水,以防记录笔堵塞。如发现墨水缸有漏水现象,应立即停止使用,及时处理。特别注意不能让墨水渗入记录器内,因为会对记录器的性能产生不良影响。

③ 要注意保护记录笔,为获得高的频率响应,记录笔总是制作得轻巧,但同时也造成笔的强度不够,容易损坏。在使用时要防止过载的讯号加到记录器上去。

④ 记录时要尽量让基线处于中间位置,如发现电路故障等原因使记录笔偏到一旁时,应及时关掉该记录开关,因为记录笔偏到最旁边时记录器线圈的电流最大,时间长了线圈会过热甚至损坏。

⑤ 注意不要让盐水沾湿电极导线、分线盒、仪器面板等,如果盐水浸入分线盒内,会降低绝缘引起交流干扰等弊病。

⑥ 要经常检查电极的氯化情况,并在使用一段时间后进行一次氯化处理。

3. X线机的日常维护与保养

X线机是精密医疗设备,正确使用和维护 X线机,对延长其使用寿命和充分发挥其效能有着重要意义。因此,使用者不仅对 X线机的结构、性能、特点等应熟悉,而且在使用中要严格遵守机器的操作规程,经常维护保养。

(1) X线机的正确使用

1) 使用原则

① 详细阅读机器的说明书,熟悉机器的性能、规格及特点,严格遵守操作规程,做到正确操作。

② 使用过程中操作要谨慎仔细,用力要均衡,不可粗枝大叶。

③ 严禁超载使用,并避免不必要的曝光试验。

2) 操作原则

① 检查电源电压是否符合机器要求,过高或过低应停止使用。

② 检查控制台各个仪表、调节器、转换开关是否在正常位置。各调节器应常在最低位或零位,透视摄影转换闸应常在透视位,各仪表指针应指零位。

③ 机器通电后,调节电源电压调节器,使电压表指在标准点,将机器预热。

④ 根据工作需要,进行技术选择。

⑤ 透视时踩下脚闸或按床上透视按钮,并调节透视毫安。如果是摄影,可按下手闸曝光或按下手闸后再松手曝光。

(2) X线机的日常维护

1) 维护要点

① 要经常检查控制台面的各调节钮是否松动,以防止移位,导致操作不准确。

- ② 在透视曝光时,禁止调节电源电压。摄影曝光不允许调动任何调节器。
- ③ 曝光时,应注视台面仪表的动作情况,细听各电器部件的工作声音有无异常,以便及时发现故障。
- ④ 机器使用前应有一定的预热时间,然后再曝光。
- ⑤ 每日工作完毕应关闭机器电源,切断机器总电源。
- ⑥ 机器经任何维修后,应建立机器维修档案,以供日后参考。
- 2) 日常维护
 - ① 谨慎操作,防止剧烈震动:
 - a. 移动控制台时,动作要轻,避免震动,防止机件受损。
 - b. 荧光屏移动要轻缓,避免碰撞。
 - c. 高压电缆的弯曲弧度不能过小,否则容易引起橡胶龟裂。应避免电缆与油类、有害气体接触和被紫外线照射,以免橡胶变质而缩短寿命。
 - d. 诊视床的滤线器应放在床的下端位并固定,避免床直立时因重力关系引起猛烈撞击。
 - e. 当移动立柱上的 X 线管头时,应将有关旋钮或电磁铁固定器松开,并避免连线牵拉过紧而损坏。
 - ② 保持机房干燥,避免机件受潮而造成漏电、生锈等故障。机器各部件不能用湿布擦抹,若天气潮湿时,可加强通风并进行干燥,下班时,门窗要关闭,避免有风雨时机器受潮。
 - ③ 做好清洁处理,防止灰尘沉积,应养成保持 X 线机清洁的习惯,并形成制度,机械部分的活动部件应擦拭干净后加润滑油。机器使用完毕应用布套将重要部分遮盖,防止灰尘沉积。荧光屏须用黑红布套套好,避免荧光纸因长期光照而衰老。
 - ④ 机房防鼠至关重要,否则老鼠咬断电线,造成机器不能正常工作。
 - ⑤ 安全检查应形成制度:
 - a. 定期检查接地装置是否良好。
 - b. 立柱、诊视床、平衡装置的钢丝绳,使用已久而磨损严重的,应及时更换。
 - c. 高压插头与插座之间的填充剂,应定期更换,高压电缆的金属网应定期检查,保持良好接地。
 - d. 诊视床各限位开关灵活性,控制系统的过载保护装置等,都应做

定期检查。

4. B 型超声波诊断设备日常维护与保养

(1) B 超设备的日常维护

① B 超是一种精密的电子仪器,要有专人负责每日的清洁和擦拭工作,尤其是对探头的日常维护尤为重要,用完的探头一定要擦拭干净,因为探头上残留的耦合剂是有腐蚀性的,如果维护不好将缩短探头的使用寿命。

② 要注意 B 超机器的散热和通风,每月要检查清洗一次机器的通风过滤装置,保证机器工作时不致过热而烧坏机器。

③ 所用卫生纸要选择质量好一些的,不能用质量差的卫生纸,因为长期使用质量差的卫生纸,其纸中的杂质和灰尘太多,严重影响机房的清洁,更重要的是这些杂质和灰尘都将被吸入机器里面,造成机器不能很好地通风散热,长时间工作容易烧坏元器件。

④ B 超机器要做到强制性维护,定期进行维护保养、检修除尘;尤其是大型高档超声机,更应该加强日常维护,强调机房环境,以有利于机器的正常运行。

(2) B 型超声设备使用注意事项

超声成像设备的核心部件是超声探头,因此,在使用时应着重注意探头的使用和保养。

- ① 首先阅读探头使用说明书,严格按使用说明操作。
- ② 在使用过程中,应轻拿轻放。
- ③ 探头的装拆都应关闭整机电源后进行。
- ④ 在开机使用时,若检查患者暂停,应及时按冻结键,使仪器处于冻结状态:
 - ① 有些探头不允许接触某些有机溶剂。
 - ② 应使用非油性、无腐蚀性的耦合剂。
 - ③ 非水密封探头不能浸水使用,以免损坏探头内部电路。
 - ④ 不得高温消毒。
 - ⑤ 使用前检查探头外壳有无破损,电缆有无破损断裂。若有损坏应更换。
 - ⑥ 小心保护探头表面,防止划伤,使用完毕,及时用湿纱布或柔软的卫生纸擦净。

第二章

心电图机的维修

第一节 心电图机的结构组成与工作原理

一、心电图机的结构组成

心电图机从最早的弦线电流计式发展到现在的微机控制式,经历了电子技术飞跃变革的几个阶段,但是心电图机的基本结构没有改变。同样,现在广泛应用的心电图机,虽然种类和型号繁多,但其基本结构仍由五大部分组成。心电图机的基本结构如图 2-1 所示。

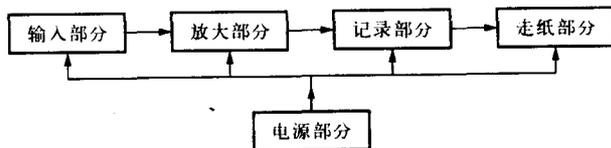


图 2-1 心电图机的基本结构

1. 输入部分

输入部分包括电极、导联线、导联选择器、过压保护电路及高频滤波器,主要作用是从人体提取心电信号,并按照要求组合导联,将选定导联的心电信号送入缓冲放大器,同时滤除空间电磁波的干扰,防止高电压损坏仪器。

(1) 导联线

由它将电极上获得的心电信号送到放大器的输入端。电极部位、电

极符号及相连的导联线的颜色见表 2-1 所列。

表 2-1 电极部位、电极符号、导联线颜色的规定

电极部位	左臂	右臂	左腿	右腿	胸
电极符号	LA 或 L	RA	LL 或 F	RL	CH 或 V
导联线颜色	黄	红	蓝	黑	白

四个肢体各有一根导联线,胸部有六根导联线。因为电极获取的心电信号仅有几个毫伏,为了消除空间电磁波对心电信号的干扰,一般需要给导联线外加屏蔽层,屏蔽层接地。导联线的心线和屏蔽线之间有分布电容存在(约 100 pF/m),对于 1 m 长的导联线,其分布电容的容抗可以达到兆欧级,而这些分布电容又与放大器输入阻抗并联,因此会影响心电信号的记录。为了克服导联线分布电容的影响,一般采用屏蔽驱动电路,在消除空间电磁波干扰的同时保证良好的记录效果,下一节将详细讲解屏蔽驱动电路的原理。导联线应柔软耐折,与插头的连接要牢靠。

(2) 导联选择器

由于单导心电图机同时只能记录一个导联的心电信号,因此需要有一个装置对人体上放置的 10 个电极进行组合,构成需要的国际标准 12 导联,这个装置就是导联选择器。

导联选择器的结构形式,已从较早的圆形波段开关或琴键开关直接式导联选择电路,发展到现在的带有缓冲放大器及威尔逊网络的导联选择电路和自动导联选择电路。每切换一次导联都需按顺序进行,不能跳跃。

(3) 过压保护电路

使用心电图机记录病人心电图时,往往会通过电极和导联线窜入一些高压信号,如记录心电图时同时进行除颤治疗,这样高压的除颤脉冲就会进入心电图机。为了防止这些高压信号损坏心电图机,必须通过过压保护电路消除高压信号的影响。一般根据过压保护电路的限幅电压,将过压保护电路分为高压保护电路、中压保护电路和低压保护电路。

(4) 高频滤波器

空间电磁场中存在大量的高频信号,在心电图室周围也可能存在一些大功率用电设备,这些高频的信号通过电极输入心电图机以后会直接影响心电图的描记,因此在输入部分采用 RC 低通滤波电路组成高频滤波器,滤波器的截止频率选为 10 kHz 左右。滤去不需要的高频信号(如电器、电焊的火花发出的电磁波),以减少高频干扰而确保心电信号的通过。

(5) 缓冲放大器

由电极拾取的心电信号,通过导联线首先传输到心电图机的第一级放大器即输入缓冲放大器。缓冲放大器的目的主要是为了提高电路的输入阻抗,减小心电信号衰减和匹配失真,一般采用电压跟随器实现。心电信号由人体传导到心电图机的输入电路,其中要经过人体内阻、电极与皮肤接触电阻以及输入电路的平衡电阻等因素的衰减。如果放大器的输入阻抗很低,那么心电信号经过串联在信号通路里的上述几种电阻衰减之后,最后在放大器的输入阻抗上得到的被放大的有效信号电压就会降低。由于人体电阻和皮肤与电极的接触电阻分散性很大,输入阻抗过低还会造成心电信号失真。如果输入阻抗较高,就会避免上述因素的不良影响。

2. 放大部分

放大部分的作用是将幅度为 μV 级、频率在 0.05~100 Hz 的心电信号,放大到可以观察和记录的水平。由于从人体表面提取的心电信号混入了其他一些干扰信号,因此在放大部分不但要对心电信号进行放大,还要滤除其他的干扰信号,因此心电图机的放大部分不能采用简单的单级放大电路,一般采用多级放大。心电图机放大部分主要包括前置放大器、中间放大器和功率放大器,此外还有 1 mV 标准信号发生器、起搏脉冲抑制器、时间常数电路、高频滤波电路、50 Hz 滤波电路以及其他的一些辅助电路。

(1) 前置放大器

前置放大器是对心电信号进行放大的第一级放大器。由于其输入的心电信号幅度非常小,且混杂了一些其他的干扰信号,因此前置放大器的主要功能是滤除一些共模干扰信号,同时对心电信号进行有限度的放大。为了实现这个目的,对于前置放大器有以下一些特殊的要求。

① 高输入阻抗。由于心电信号很微弱,在体表拾取到的信号仅为 1~2 mV,而且人体作为心电信号的信号源来说,其内阻是比较大的。所以就要求前置放大器具有高输入电阻,否则所测信号就会产生较大的误差,同时也降低了抗干扰能力。因此,通常选用场效应管作为前置放大器的输入级。

② 高共模抑制比。因心电图机是一个高灵敏度、高输入阻抗的放大装置,容易受到外界各种电磁信号的干扰,尤其是 50 Hz 交流电的干扰,因为它的频率在心电图机放大器的频率范围之内,而且交流电引起的干扰往往要比微弱的心电信号大许多。若把心电信号和交流干扰信号同时放大,心电信号将会叠加上严重的干扰。由于电磁干扰信号为共模信号,因此,前置放大器必须具有很高的共模抑制比,才能具有很强的抗干扰能力,把干扰信号抑制掉。

③ 低零点漂移。心电图机要工作在不同的环境中,环境温度变化较大。为了得到准确的记录波形,要求心电图机各路的工作点要稳定。前置放大器的零点漂移主要由温度引起,这种漂移经中间级、功率级放大后会被放大,严重影响记录,因此要求前置放大器的零点漂移越小越好。

④ 低噪声。噪声是放大电路中各元器件内部带电粒子的不规则运动造成的。在多级放大器中,第一级产生的噪声在整机中的影响最大,因此要求前置放大电路晶体管或电子管的噪声要低。

⑤ 宽的线性工作范围。由于存在比较大的电极电压,导致工作点产生漂移。为使其不致偏移出放大器的线性工作区,要求前置放大器有宽的线性工作范围,以使心电信号不发生波形失真。

(2) 1 mV 定标信号发生器

为了衡量描记的心电图波形幅度,校准心电图机的灵敏度,通常需要给前置放大器的输入端输入 1 mV 的矩形波信号。例如当选择心电图机的灵敏度为 10 mm·mV 时,如果给前置放大器输入 1 mV 矩形波信号,记录纸上就应该描记出 10 mm 的矩形波。如果记录纸上描记的波形幅度与 10 mm 有偏差,则说明整机的灵敏度有误差,需要调整,这个过程就称为定标。另外 1 mV 的矩形波信号还可用于时间常数的测量和阻尼的检测。

心电图机均备有 1 mV 定标信号发生器,它产生的幅度为 1 mV 的标

准电压信号,作为衡量所描记的心电图波形幅度的标准。

一般在使用心电图机之前,都要对定标进行检查。通过微调,在前置放大器输入 1 mV 定标信号时,使记录器上描记出幅度为 10 mm 高的标准波形(即标准灵敏度)。这样,当有心电波形描记在记录器上时,即可进行对比,测量出心电信号各波的幅度值。

1 mV 标准信号发生器有标准电池分压电器、机内稳压电源分压电路和自动 1 mV 定标发生器等形式。

(3) 时间常数电路

前置放大器输出的信号要送入中间放大器进行进一步的电压放大,由于使用的心电电极具有一定的直流极化电压,如果该极化电压直接送入中间放大器,将会使中间放大器的静态工作点发生偏移,放大器有可能偏出放大区,造成描记信号的失真。为了解决极化电压的问题,在前置放大器与中间放大器之间设计了一个 RC 滤波网络,称为时间常数电路。其原理是利用电容“隔直”的特性,将极化电压在前置放大器输出端滤除,而允许心电信号通过,这样就消除了极化电压对后续电路的影响。由于该电路利用的是 RC 阻容网络充放电的原理,其截止频率取决于充放电的时间常数,因此该电路称为时间常数电路。

(4) 中间放大器

中间放大器在时间常数电路之后,称为直流放大器。由于它不受极化电压的影响,增益可以较大,一般由多级直流电压放大器组成。其主要作用是对心电信号进行电压放大,一般均采用差分式放大电路。

心电图机的一些辅助电路(如增益调节、闭锁电路、50 Hz 干扰和肌电干扰抑制电路等)都设置在这里。

(5) 功率放大器

功率放大器的作用是将中间放大器送来的心电信号电压进行功率放大,以便有足够的电流去推动记录器工作,把心电信号波形描记在记录纸上,获得所需的心电图。因此,功率放大器亦称驱动放大器。

功率放大器采用对称互补级输出的单端推挽电路比较多。

3. 记录部分

这部分包括记录器、热描记器(简称热笔)及热笔温控电路。

① 记录器是将心电信号的电流变化转换为机械(记录笔)移动的

装置。

② 热笔固定在记录器的转轴上,随着输入的心电信号的变化而偏转。同时由热笔温控电路负责给热笔加热并控制热笔的温度。热笔记录器采用的是热敏记录纸,当热笔发热以后与记录纸接触,记录纸上的热敏材料就会变黑,从而可以描记出心电图。

记录器上的转轴随心电信号的变化而产生偏移,固定在转轴上的记录笔也随之偏移,便可在记录纸上描记下心电信号各波的幅度值。当记录纸移动后,就能呈现出心电图。现在常用的有动圈式记录器和位置反馈式记录器。

4. 走纸部分

带动记录纸并使它沿着一个方向做匀速运动的机构称为走纸传动装置,它包括电机与减速装置及齿轮传动机构。它的作用是使记录纸按规定速度随时间做匀速移动,记录笔随心电信号幅度值的变化,描记出心电图。

走纸速度规定为 25 mm/s 和 50 mm/s 两种。若采用直流电机,两种速度的转换则通过改变它的工作电流来实现;如采用交流电机,两种速度的转换则通过倒换齿轮转向来实现。

为了准确地描记心电图,要求走纸速度稳定、速度转换迅速可靠。一般设有稳速和调速电路,需要时可随时校准速度。

5. 电源部分

心电图机一般都采用交、直流两用供电模式。

① 当采用交流电源供电时,输入的 220 V/50 Hz 交流电首先通过变压器进行降压,然后通过整流滤波电路转换,此电源称为低压直流电源。该低压直流电信号输入 DC-DC 变换器,得到各部分电路需要的直流稳压电源信号。

② 当采用直流电源供电时,心电图机一般配备蓄电池或干电池,当仪器处于待机状态时,通过交流电源对蓄电池进行充电,当交流电源断开或者没有交流电源时,仪器可以自动切换到蓄电池供电方式,保证心电图机的正常使用。为适应不同需要,电源部分还有充电及充电保护电路、蓄电池过放电保护电路、交流供电自动转换蓄电池供电电路、定时关机电路及电池电压指示等。

二、心电图机的主要性能参数

心电图机所记录的心电图,必须将心动电流的变化,不失真地放大出来以供医务人员诊断心脏机能的好坏。心电图机的性能如有失常,会引起临床诊断中的差错。鉴别心电图机性能的好坏,常以其技术指标来表示。熟悉技术指标,并理解其内涵,对使用、调整、维修心电图机是很必要的。下面简单介绍心电图机主要技术指标的意义和检测方法。

1. 输入电阻

心电图机的输入电阻即为前置放大器的输入电阻,一般要求大于 2 MΩ。输入电阻越大,因电极接触电阻不同而引起的波形失真越小,共模抑制比就越高。

2. 灵敏度

心电图机的灵敏度是指输入 1 mV 电压时,描笔偏转的幅度,通常用 mm/mV 表示,它反映了整机放大器放大倍数的大小。一般将心电图机的灵敏度分为三挡(5 mm/mV、10 mm/mV、20 mm/mV),且分挡可调。心电图机的标准灵敏度为 10 mm/mV,规定标准灵敏度的目的是为了便于对各种心电图进行比较。在有的导联出现 R 波特别高或 S 波特别低时,也可以采用 5 mm/mV 的灵敏度挡位。有的心电图电压比较微弱,也可采用比标准灵敏度更高的灵敏度如 20 mm/mV,以方便对心电图波形的诊断。为了能迅速准确地选择灵敏度,在仪器面板上装有灵敏度选择开关。为了使机器的灵敏度能够连续可调,在机器面板上还设有增益调节电位器。

判断心电图机的灵敏度是否正常,检测方法为:导联选择开关置于“Test”位(有的标注“1 mV”),灵敏度选择开关置于“1”挡(10 mm/mV),将工作开关置“观察”位,利用本机内的 1 mV 标准信号,不断地打出矩形波,在走纸过程中,记录下矩形波的幅度。调节增益电位器,使描记幅度正好为 10 mm。改变灵敏度选择开关的位置,给出 1 mV 标准信号时,应能得到成比例变化的矩形波信号。

3. 噪声和漂移

噪声指的是心电图机内部元器件工作时,由于电子热运动等产生的噪声,而不是因使用不当外来干扰形成的噪声,这种噪声使心电图机在没有输入信号时仍有微小杂乱波输出,这种噪声如果过大,不但影响图形美

观,而且还影响心电波的正常性,因此要求噪声越小越好,在描记的曲线中应看不出噪声波形。噪声的大小可以用折合到输入端的作用大小来计算,一般要求低于相当于输入端加入几微伏至几十微伏以下信号的作用。国际上规定 $\leq 15 \mu\text{V}$ 。

漂移是指输出电压偏离原来起始点而上下漂动缓慢变化的现象。心电图机采用了将直流信号或变化极缓慢的信号进行放大的直流放大器,级间采用直接耦合的方式,当放大器的输入端短路时,输出端也有缓慢变化的电压产生,这种现象叫做漂移,也叫零点漂移。一般情况下,放大器的级数越多,零点漂移越严重,当漂移电压的大小可以和心电信号电压相比时,就会造成分辨困难。

三、心电图机的工作原理

本文以 ECG-8110K 型心电图机工作原理为例,介绍心电图机的工作原理。

ECG-8110K 型心电图机共有 5 块电路板:心电数据处理电路板 UT-2202,控制电路板 UT-2204,电源电路板 UT-2203 和两块键控电路板(键控 1 UT-2205,键控 2 UT-2206)。整机电路方框图如图 2-2。

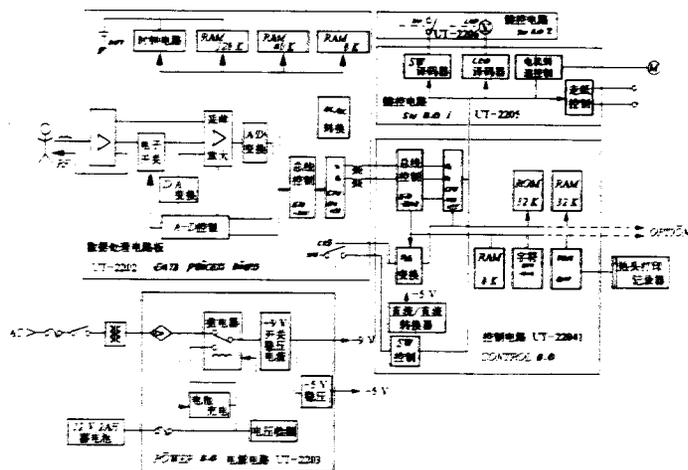


图 2-2 ECG-8110K 整机电路方框图

心电数据处理电路 UT-2202 电路包括: 输入前置放大电路, I、II 导联信号产生电路, 8 导联(I、II、V₁、V₂、V₃、V₄、V₅、V₆)心电信号取样电路, 心电信号直流分量补偿电路, A/D 转换器及控制器, 总线控制器, 单片机(CPU), 接口电路, 直流/直流转换器, 可编程只读存储器(PROM), 随机存储器(RAM)和时钟电路。

由于采用了微机控制技术, ECG-8110K 抛弃了传统的心电导联获取方法——威尔森网络法, 采用了一种全新的技术来获取 12 标准导联的心电信号。

由人体上接收的心电信号经导联线分别送到输入前置放大器 IC201、IC202 和 IC203 进行放大。IC201~IC203 是一种新型输入放大集成电路, 它的输入阻抗很高, 电压增益为 16 倍, 每一路输入信号都以右脚电极为参照零电位。IC202 放大三个肢体导联(爱氏三角形三个顶点)的心电信位。IC201 和 IC203 分别放大 6 个胸导联的心电信号。图 2-3 是信号输入放大处理电路方框图。

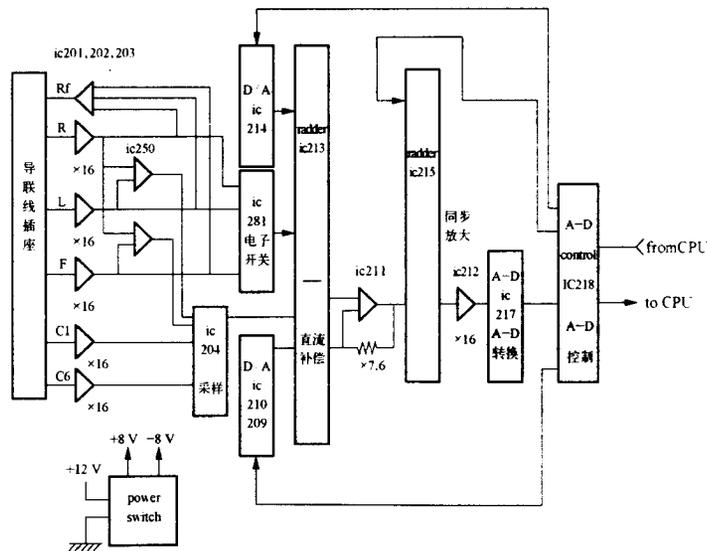


图 2-3 信号输入放大处理电路

IC280(双运放)接成 I、II 导联产生电路, 它将放大后的三个肢导的心电电位(AW、AX、AY)进行运算放大, 然后得到第 I、第 II 导的心电信号。运算过程如下:

$$I = AX - AW$$

$$II = AY - AW$$

其中 AW、AX、AY 分别为放大后的右手、左手和左脚的心电电位。

第 I、II 和 V₁~V₆ 八种导联的心电信号同时送入 IC204 进行采样。IC204 是一种多路转换开关, 通过开关的高速转换分别对上述 8 种导联信号进行取样。每一导信号的取样时间为 31.25 μs, 8 导的采样周期为 31.25 μs × 8 = 250 μs, 即每 250 μs 对 8 导信号分别取样一次, 每秒分别采样 4 000 次(即取样频率为 4 000 Hz), 经 IC204 取样后便得到八导联的量化心电信号 AZ。AZ 与 AW、AX、AY 一起送入 IC207 和 IC208 进行缓冲放大(增益为 1), 然后送入直流分量补偿电路。

由于本机的输入电路采用了直接耦合方式, 没有隔直流电容, 所以叠加在心电信号上的直流成分, 如极化电压、人体活动时的动作电位等, 将全部被放大并被量化取样。如果不消除这些直流分量, 将会使心电信号大幅度漂移, 无法进行程序分析。

第二节 心电图机的故障维修

一、心电图机的使用与维护

心电图机是医疗诊断时常用的电生理检测仪器。心电图机的种类繁多, 不同级别医院使用的心电图机也各不相同。在心电图机的使用过程中, 普遍存在一些问题, 如涉及病人的安全, 心电检测结果的准确率及对心电图机本身的养护等, 都应引起重视。

1. 心电图机在使用中应注意病人的安全

一般中大型医院使用的都是 ECG-6511、ECG-6151 等型号心电图机, 采用了浮地设计, 防电击, 安全性能都大大提高。但是在使用中为保护病人及使用者安全, 以及减小外界对心电图机的干扰, 还是强调外壳必

须接地。有条件的心电图室最好安装独立地线,也可用自来水管或与大地接触良好的金属体作为接地线。注意,在连接时要去掉接触部位的锈斑或油漆,而煤气管等有爆炸危险或有带电危险的管线是绝对禁止用来接地的。多种仪器与心电图机配合使用时要有公共接地点,对于还使用无浮地隔离设计、输入 RL(黑线、接右脚)导联线直接与外壳相连的心电图机建议停止使用,避免发生电击危险。

2. 心电图机在使用中应注意抗干扰

首先应克服电磁干扰。我们平时所处的空间是个电磁场的空间,电磁场对人体会产生感应电压,这就是心电检测中主要的干扰电压。交流电网,无线通信设备,及其他电子仪器都会产生干扰电压。实际干扰电压一般都大于人体心电信号,所以抗干扰对准确检测心电信号是个重要问题。现代心电图机在设计时采用数字技术、屏蔽技术等对干扰电压作了最大限度的抑制。但是在心电图机的操作使用过程中,还要注意一些问题,避免人为加大干扰。例如,给病人做心电图的地点要远离 X 光室、理疗室、电梯、配电房、高压线、电力线等,以减小或避免电磁干扰,专门的心电图室最好安置屏蔽。诊查床摆放位置应尽量避免室内的电源布线,并与之保持 1 米以上的距离,且要与室内主要电源线的走向呈纵向垂直状态。若诊查床是铁床,床身应接地,床与病人应有良好的绝缘。病人的手还应该注意不可接触墙壁。其次,在做心电图时应避免病人紧张、四肢移动,否则会产生肌电干扰。病人情绪不宁、呼吸过大,还会造成漂移。最后要注意的是来自电极和导联线的干扰。在操作使用心电图机时绝不可将银—氯化银电极和镀银电极同时混用,否则因材料不同将产生很大的极化电压。还应特别注意的是使用导电膏等电解质不要与电极外面的导联线插头等部件接触,否则同样会使极化电压增加。导联线使用不当也会造成干扰,导联线的走向应与病人身体方向相同。导联线与电极的连接要牢固,不能有松动。在做心电描记时,必须将全部导联都与人体相应部位相连接,不得有部分导联空置不接,以防干扰介入。

3. 心电图机在使用中应注意保养

心电图机是精密医疗仪器,它要将微弱的人体电生理信号准确检出,并放大输出,所以越是前级,其对后级及整体输出的影响就越大,因此,电

极导联线的完好对心电图机的正常使用就显得特别重要,但恰恰这些部件经常操作最易损坏,要求格外保护。对电极的使用应注意,每次使用完要将导电膏以盐水擦净以减少腐蚀;镀银电极表面若有氧化或锈斑时只能用绒布擦试,不得用砂纸打磨;对于变形、银皮剥落或因磨损而使部分铜质暴露的电极应停止使用;新的电极在使用前应放在氯化钠溶液中浸泡数小时。导联线用毕拔除各插头时,必须用手指抓住插头拔出,不可拉着导线拔出,否则会造成断线与伤线。

二、心电图机的故障维修方法

心电图机是一种比较精密的电子仪器,它的电路和机械部分都有严格的规定和性能标准,要求必须达到临床所需要的性能指标才能在临床上使用,是在生物医学工程中比较具有代表性的理论与实践。因此,在检修心电图机时,不能仅仅满足于修复或更换一些已损坏的元器件,更重要的是要使修复后的心电图机重新调整所有必需的参数,以达到规定的各项性能和指标要求,这样,才能交给临床使用。显然,这是一件十分细致且有一定难度的工作。不能粗心大意,否则不但不能将机器修复,反而损坏了机器原有的功能和特性,造成更大的故障,同时也影响了机器的正常使用寿命。对于医学工程技术人员来说必须掌握生物医学的理论,在实际工作中,有时我们将机器修好后,没有用心电图综合测试仪去检测应有的技术参数和性能指标,结果临床不能使用,说明机器没有完全修好,还存在故障。因此,重新修理后的机器必须进行严格检测。

1. 检修工作的基本要求

(1) 阅读仪器技术资料

在检修机器之前,应该仔细阅读仪器的说明书,要了解仪器的结构原理,尤其是电路原理图,并弄清各元器件的作用和位置,以及规定的性能指标。

阅读说明书时,应当与实物对照,了解机器面板、机壳、机底所设的各种旋钮、螺钉、电键、插座等与内部线路或机械部件之间的关系,并看懂其正确的使用方法。当打开机器的盖板或取出机体之后,还需要继续对照图纸,全面了解机器的整体结构、部分结构和各部分之间的相互关系,要做到心中有数,这时才可以开始进行检修;不要还没有弄清楚使用方法和

仪器结构就动手先拆机器,要防止机器还没修好反而被拆坏了,再装起来也不容易了,这些一定要注意。

(2) 检修机器时应注意的问题

在检修机器的工作中,应该注意下列几点:

① 首先应该先了解仪器在发生故障以前的使用情况和发生故障的经过,掌握这些资料和信息,对分析和找出故障原因有很大的帮助,可以少走许多弯路,缩短维修时间。如果需要修理的机器以前曾被修理过,那就必须先全面仔细查看一下已修过的地方,是否符合原图纸要求,有无变更。

② 然后作直观检查,看仪器的外部特征和新旧程度,以有利于判断故障的性质、范围和难易程度。一般来说,新的机器如果有故障,多数是由于使用不当而造成的人为故障,重点应在这些方面考虑;而旧机器多属于自然损坏或多次的维修没有完全解决的问题,有时维修中所更换的元器件不完全符合要求,元器件老化变质等。在直观检查时,先不要接通电源,以免不小心而短路,造成更大的故障。在仔细的直观检查中要重点看是否有元器件脱焊、烧焦、变形、线路断线、短路以及机械零部件的损伤、松脱等,这些都可以在直观的检查中发现。

③ 对机器内部电路板上的电位器不要盲目随便地调动,因为这些电位器对各部分电路工作点包括各静态工作点、动态平衡、静态平衡、阻尼、正负电源平衡、电源电压等。当没有确定是哪一部分问题时,就调整这些电位器,将使电路的性能发生变化,也可能造成一些技术指标下降,甚至停止工作,给维修带来许多困难和麻烦,此时必须重新从头开始检测各个工作点。

④ 维修过程中,在每一次接通电源时,都应注意机器面板上的旋钮位置。一定要把记录开关置于“封闭”状态;灵敏度开关置于最小,并设置10 mm/1 mV的标准位置;要将热笔调在中间位置,这样在检测各工作点时其数值就比较准确;要将导联选择器置于“0”位置,不要接入导联线,但要注意接好地线,以防触电或干扰,在故障没有完全排除时,不要接人体试验机器。

⑤ 当接通电源后发现打火、冒烟或有烧焦的异常气味时,应立即切断电源,检查原因。如果在打开封闭开关时,热笔剧烈地上下摆动,必须

立即将记录开关置于封闭位置,否则会将热笔打坏。

⑥ 在检修时,要注意不能用金属工具随便乱碰电路或元器件;在检测各工作点时,要注意不要使电路短路;也不要没有弄清故障之前,就盲目地拆除各种元器件。

⑦ 当热笔的动作不正常时,不要做记录,除浪费记录纸外,对维修也不会有多大指导作用;如需要测试可在观察位置上短时间测量。

⑧ 在使用专用仪器检查电路时,应考虑一下该仪器对电路是否有损伤作用,如果有损伤作用,应设法避免损伤后再进行检测。

⑨ 在检修机器时,不要随便更改原电路结构,也不要随便改变原来使用的元器件型号和规格。如果确认某些器件已坏,需要更换且没有相同型号的器件,则需要代换,此时,一定要按原型号的参数去考虑,掌握相应的元器件技术参数是非常必要的。

⑩ 目前,许多新型心电图机采用MOS元器件比较多,这样,在拆卸过程中,要注意防止静电,必须采取防护措施,以防止元器件的损坏;有时元器件已经因静电而损坏还不知道。

⑪ 对记录器和直流电机不要任意拆卸,如必须拆卸时,应注意防止失磁和错位,检修人员最好做一些记录,如位置、次序,在一些断开的导线上作记号等,这样,会给维修带来方便。对检测各工作点电压值和各种观测数据都应记录下来,以便与标准对照,也为以后检修时作参考。

2. 检修步骤和方法

(1) 确定故障部位及发生原因

我们检修一台心电图机,目的就是要找到故障点。为此,必须先进行仔细的调查分析与试验,才能将故障范围逐渐由大变小,直至故障彻底排除。

1) 调查方法

调查仪器使用的现状和历史,可用询问、查看、观察等方法来进行。首先询问使用人员仪器发生故障时的现象或在使用过程中的异常情况;其次是查看仪器档案、使用记录以及发生故障时所记录的波形,如果有以前的维修记录则更好;再次是观察机器在没有接通电源的情况下,热笔的机械零位是否在记录纸中心,热笔固定是否可靠,热笔压力

是否合适(热笔正常压力为3g);然后再接通电源观察各部分的工作状态有无异常,可以在此首先观察记录器工作情况,看描笔位移是否达到 ± 20 mm,检查线性是否良好,噪声是否异常,最大灵敏度是否能达到,走纸机构动作和速度是否正常。此外,还应注意机内有无异常声响和气味。

通过上述的调查工作之后,维修人员便可以对故障范围作出一个初步判断,再结合机器的电路原理图综合分析可得出产生这种故障的几种可能性,然后,在此基础上采取机器工作点测试和测量,根据测试和测量的结果,再进一步判断故障的关键所在。

2) 检修试验程序

① 应先附件、电源后其他。由于附件的使用最频繁、最多,也最容易发生故障,与其他部分的部件是不同的,如串联线,往往是因其开路、短路或漏电,造成心电图描记的干扰和失真。作为电源部分,也是最容易发生故障的部分,包括电源线、插头,所以,应先检查附件和电源。

② 应先机外后机内。先检查机器面板各控制旋钮、开关是否工作正常。因为这些检查和修理比较简单,也容易判断,而且比较直观;但是同样要熟悉电路原理,有一定的维修经验才能达到迅速准确地作出判断。如果故障在这些机器的外部,就不必再深入到内部去检查修理。比如,热笔部分螺钉松动或被人随便动过,造成描记异常。只要打开盖板拧紧再加以调整就可以了。

③ 还应先常见后特殊。在实际的维修工作中,有很多故障是经常碰到的,而且是重复出现的,对这些经常发生的故障,都有基本的维修方法和思路,可以按照每一个步骤去修理、去考虑;对于特殊的故障在电路分析上就要复杂一些,考虑故障范围要大一些,经过逐步测试和判断,使故障范围缩小直至排除。

(2) 常用的试验方法

当通过机外的检查和简单测试不能发现问题时,就要打开机器进行全面的检查,可利用仪表来测量电路的阻值、电压、电流和各工作点的波形,并将所测到的数值与仪器正常时的数值相对照,进行比较,这样能有效地分析和判断故障所在。常用的仪表有万用表、真空管毫伏表和示波器等,但至少要有一块万用表(500型)。

当仪器的故障比较严重又难以判断时,需要进一步确定故障的部位,在可能发生故障的范围内采用分割检查法,判定故障发生在分割点的前面或是后面,然后按分割点去检查,从而缩小故障范围,直到找出故障所在。常用的几种故障判断方法如下:

1) 常采用的两种分割法

① 开路法:把怀疑有故障的电路断开,再接通电源观察是否出现同样的故障现象,如果不再出现,则可确定故障在被断开的部分,如果还出现同样的故障现象,则再作分割试验。比如,心电图机有交流干扰需要修理,就要断定交流干扰是从哪一部分来的,首先检查定标,将导联开关置于“0”位置,此时如无干扰说明干扰来源于前级放大器,否则就在后面,再往下查找。

② 短路法:它与开路法的原理是相同的。其方法是用一根短导线将怀疑发生故障的部分连接起来,看故障是否重现来判断故障所在。短路法常用在差分放大器的平衡输入、输出端。例如当心电图机发生热笔单偏不受调时,可将放大器的两输出端短路,如热笔立即回到零位,说明故障不在功率放大器部分,而在功率放大器的前面。

2) 代替法

代替法是用相同规格的元器件、部件来代替被怀疑部分的器件进行试验,如果故障不再出现,就可确定该怀疑的部分即为故障部分。这一方法虽然简单,但是必须在有备件的情况下才能做到。同时,即使备件丰富,也要在经过仔细分析研究后才能进行,否则,容易将元件和电路板损坏,如果反复更换元器件不仅不能排除故障,往往电路板多次焊接反而将电路板损坏,造成不必要的损失。

3) 干扰追踪法

这种方法是判断放大器故障常用的一种方法。主要是利用螺丝刀从放大器的末级向前,逐级接触管子的基极(栅极)、集成元件的输入端,看热笔的摆动情况,来判断故障发生在哪一级。例如机器无定标,电源正常,则可用此法从后级开始,用工具逐级接触各级管子或集成器件的输入端,看描笔是否动作来判断故障所在。

4) 故障人工重现法

在维修工作中,经常会碰到一些软故障,故障现象时好时坏,有时

无,对这种故障可以采用人工重现法来解决。因为这种故障是在一定的环境和条件下才发生,故必须人为地采取使其重现的方法,如加温、加压、降温、振动及用测试笔触动焊接点等方法来使故障重现,以便从中抓住故障现象,确定故障原因;采用这些人工重现的方法一定要适中,要掌握维修原则而不能乱用,以防故障扩大。

以上介绍的几种检修方法是心电图机维修中较常用的方法。在实际工作中,有时利用一种方法就可以找出故障所在,解决问题。有时则需要同时用几种方法,才能奏效。因此,必须根据实际情况灵活运用,从中选择最合适的方法来排除故障,但总是离不开一些实际经验,必须善于总结。

(3) 故障排除和修复

当仪器的故障部位确定后,具体排除和修理相对于查找故障要容易一些。对部件的损坏应尽量修复使用。如导线线,一般情况下是局部的损坏,对于塑封的插头和分线器需要由中间用刀片切开,经过修理即可解决。还有一些心电图机是动圈式记录器,因其长时间使用,造成盘香弹簧开焊,此时,只需重新仔细焊接就可恢复使用,不用更换新品。凡是不能修复的元器件,则一定要更换新品。如晶体管、集成电路元件、电容、电阻等,必须用同规格的元器件来更换,这些器件更换后还要重新测定各个工作点工作情况,必要时需调整。因为更换后的元器件可能会影响原来的技术参数,有时会遇到一些故障不用更换元器件,是属于电路板问题,包括虚焊、漏焊、修理时的错焊,只要按电路原理图检查就可以发现。当故障排除完毕后,还必须进行修复后的校验工作,这是不可缺少的。当机器的所有参数都测试完毕后,符合技术标准也还要用模拟心电图发生器做一次校准,这样才能正式交给临床使用。

3. 心电图机电路对元器件的要求

心电图机的各级电路在设计上对元器件都有一定的要求,在某些线路中应用的元器件还有特殊的要求,这是维修工作中必须注意的一个重要问题。

(1) 对缓冲级元器件的要求

缓冲级是心电图机整机线路最前面的部分,其输入端需与人体连接,所以对元器件的要求十分严格。

① 对注入管子的电流要尽可能小,这是为了安全使用的需要,同时还要考虑到印刷板的漏电,可能会影响注入电流,因此这一级的器件的安装采用支架悬空连接。对管子的噪音要求在 $10 \mu\text{V}$ 以下(使用晶体管特性图视仪测得)。对管子的 β 值一般常取 $100 \sim 300$ 之间。

② 对阻容的要求

缓冲级的阻容器件都是经过“老化”处理后配对挑选,因为缓冲级的增益由电阻反馈网络来决定,且各级缓冲放大器的输入阻抗与各级的输入电阻直接有关,如果阻、容不对称,将影响 CMRR,因此缓冲级的阻、容采用高精度、低噪声元件。

(2) 对前置级元器件的要求

早期生产的心电图机,无缓冲放大级,前置级属于第一放大级,其输入部分直接与人体相连,此时对前置级的要求同缓冲级一样。近期生产的心电图机,均有缓冲放大级,前置级是放在缓冲级与导联选择网络后的放大级,此时对它的要求与缓冲级有所不同,即输入阻抗和对注入电流的要求可以降低一些。故目前常采用结型场效应管(J-FET管)作为心电图机的前置级,一般常用 2SK34、2SK48 等。该管的 I_g 注入电流 VDG 不能超过 6V 。选管时可参照图 2-4 所示的简易测量法作测试,其条件:温度 25°C 左右,湿度 50% 以下。

(3) 耦合电容及其后一级电路中元器件的要求

在耦合电路(RC)中电容 $1.5 \mu\text{F}$ 、电阻 $2.2 \text{M}\Omega$,这里的电容如果漏电,其漏电压将影响心电图机的正常工作,可能产生基线漂移或移位等现象,所以对耦合电容应选用耐高压的聚酯涤纶电容,并经过严格挑选,可用万用表 $R \times 10 \text{ k}\Omega$ 电阻挡及相应的摇表来测其绝缘阻抗。对后一级所用的管子和 RC 电路耦合,要求是注入电流要小,输入阻抗高。

(4) 对“浮地”电路的要求

采用“浮地”电路的心电图机,要求“浮地”部分的阻容与接地部分应小于 $100 \mu\text{F}$,此时的阻抗主要为容抗。因为一般隔离变压器、光电耦合器

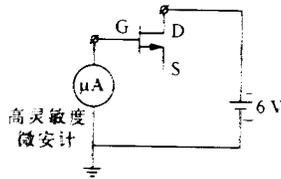


图 2-4 I_g 的简易测量法

件的绝缘电阻可以做得很高,大于 1 000 MΩ 以上,所以关键是隔离变压器和光电耦合隔离器件的绝缘容抗。如果采用 1 匝变压器及性能良好的光电耦合器件,其绝缘阻抗可以达到微做法。因此,在更换和安装“浮地”部分的控制元器件时,一定要注意原有的绝缘措施。

三、心电图机的常见故障维修

1. 抖

出现这种故障时,首先要弄清楚抖的概念,就是说当仪器的输入端短路时,热笔描记出不规则的波形,称为抖。这种抖动超过了部颁标准的噪声要求指标,表现出了这种不规则波形。故障现象及解决方法见表 2-2 所示:

表 2-2 描记波形抖动的故障现象与排除方法

故障现象或原因	解决方法
1. 交流电源电压不稳	1. 查电源电压是否忽高忽低 2. 如果采用稳压器供电,应检查稳压器输出电压是否正常
2. 机内电源不稳	检查机内电源部分的整流、滤波、稳压线路
3. 热笔压力过大或笔头上有污物	1. 要重新调整热笔压力 2. 如果热笔杆不干净,可用四氯化碳或酒精擦净
4. 放大器问题: (1) 放大电路中管子或集成块内部噪声过大 (2) 元器件变质或接触不良 (3) 工艺问题 (4) 接插件接触不好	1. 更换变质或性能不好的管和集成电路 2. 用四氯化碳或酒精清洗或更换电位器 3. 更换或清洗印刷电路板上的插头、插座 4. 查看是否有假焊、虚焊 5. 检查是否有变质的电阻、电容,必要时更换新品 6. 查找放大器振荡部分

2. 漂

此现象表现为基线有缓慢变化,称为漂。有两种情况:一种是当导联开关在“0”位置时,走纸描记的基线漂移,超过了部颁标准要求;另一种是在做人体心电图记录时产生的漂移。

导联开关在“0”位置时,走纸描记的基线漂移故障现象及解决方法,见表 2-3 所示:

表 2-3 基线漂移故障现象与排除方法

故障现象或原因	解决方法
1. 耦合电容漏电	更换新品
2. 放大板各插头、插座或印刷电路板受潮漏电	1. 清洗接插件或更换新品 2. 清洗电路板,烘干,如不漏电可再涂上环氧树脂 3. 如果上述办法不行,可除去漏电的板子重新接线
3. 前级管子或集成电路变质或不对称	更换元器件,重新调整线路工作点
4. 封闭电路问题 (1) 封闭继电器接点漏电 (2) 自动封闭电路中的电子开关漏电	1. 更换继电器 2. 查找电子开关封闭电路
5. 输入保护电路问题 (1) 输入级的保护管漏电 (2) 与电容耦合的后一级的输入保护管漏电	更换输入级元器件,特别是与电容耦合的后一级输入保护电路中的保护管
6. 电动机走纸时引起漂移	如果是电动机转动时对前级有影响,则应将前级屏蔽

在作人体心电图记录时产生的漂移,故障现象及解决方法见表 2-4 所示:

表 2-4 测量时的漂移故障现象与排除方法

故障现象或原因	解决方法
1. 板板固定太松	重新连接病人身上的电极板
2. 导电膏处理得不好	用导电膏要适量,并用酒精擦去病人身上的油脂后再安放电极
3. 导联选择器接触不良	如能修理则修完后用四氯化碳清洗,或更换新品
4. 病人不安宁	设法使病人安宁下来
5. 病人呼吸运动过大	请病人减小呼吸运动或短时间停止呼吸,如不能控制待平静后再作描记
6. 标准电池漏电	只需更换新品
7. 电极极化电压问题	注意使用同一种材料的电极,另外设法减少极化电压

3. 干扰

干扰在心电图机中经常遇到,就是在开机走纸记录时,会出现各种频率的波形,比较常见的是 50 Hz 交流电干扰。这种干扰有两种情况时出现,一种是导联开关置于“0”位或在机内定标时发生干扰,另一种是作人体记录时有干扰。

导联开关“0”位置时或机内定标时发生的干扰,除热笔本身抖动产生干扰外,还有以下原因。见表 2-5 所示:

表 2-5 机内干扰故障现象与排除方法

故障现象或原因	解决方法
1. 机内输入部分开路	查找断线,焊好
2. 前级放大器自激振荡	设法排除
3. 前级屏蔽不好	设法屏蔽
4. 仪器未接地线	检查接地情况
5. 电动机问题: (1) 电动机电刷有毛刺或接触不良 (2) 电动机绕组有开路	1. 除去毛刺或更换电刷,经过修理后还要用四氯化碳清洗 2. 如果有新品则更换之
6. 稳速电路调节不当,使电源电压随电极电流变化稳速电路有故障	1. 检查稳速电路 2. 调整稳速电路

在做人体检测时有干扰,除上述原因外,还有下述原因。见表 2-6 所示:

表 2-6 测量干扰故障现象与排除方法

故障现象或原因	解决方法
1. 导联线开路、漏电或导联线排线太乱	1. 查出断线或漏电处,如不能解决问题,则应更换新品 2. 要将导联线的芯线和屏蔽线分开绝缘
2. 导联线黑线的连接问题: (1) (RY)和右腿接触不良 (2) (RY)熔丝开路(如 MC-3 型) (3) (RY)是“浮地”而不是接地 (4) (RY)线与右腿驱动相接	1. 用酒精涂擦病人皮肤,加导电膏重新安置(RY)电极 2. 更换(RY)的熔丝(5~10 mA),不可用万用表测量,如需测量应串联一只 10 kΩ 左右电阻 3. 注意“浮地”式心电图机(RY)的使用方法 4. 检查右腿或更换新品

(续表)

故障现象或原因	解决方法
3. 导联开关接触不好,松动	进行修理或更换新品
4. 病人接触了墙壁、地面或铁床未接地(非机器故障)	1. 病人应躺在绝缘的床面上,防止身体与地面、墙壁接触 2. 检查床应有良好的接地
5. 电极接触不良,病人油脂过多或导电膏应用不当	连接电极前要清洁皮肤,导电膏应用要适当,有时不一定要用
6. 标准电池漏电漏液	擦净漏液后更换电池
7. 周围空间的电磁场过强	1. 设法减小空间电磁场 2. 采用屏蔽式及电源滤波器

4. 描笔移动范围小

描笔移动范围不符合略大于 40 mm 的要求,其原因有以下几点:

- ① 心电图机处于工作状态时,热笔不在记录纸的中心线上。
 - ② 热笔幅度限制器挡板宽度不够,或热笔加热器的两根引线安放不合适,限制了热笔的位移。
 - ③ 记录器有故障也可以引起热笔移位幅度减小。
 - ④ 放大器有故障是引起热笔移动范围减小的主要原因。
5. 阻尼不正常
- 1 mV 电压矩形波出角过大或圆角,就是欠阻尼或过阻尼现象。
- 1) 过阻尼的原因
- ① 笔压太重。
 - ② 笔温过低。
 - ③ 阻尼电路的电位器调节不当。
 - ④ 笔架太低或太高。
- 2) 欠阻尼的原因
- ① 笔压太轻。
 - ② 笔温过高。
 - ③ 阻尼电路的电位器调节不合适。

④ 记录器失磁。

3) 阻尼不匀

当热笔在不同位置时,记录的 1 mV 矩形波阻尼不同,即称为阻尼不匀。这是由于热笔定位架放置不平,在热笔定位架与导轨间有较大的间隙之故。

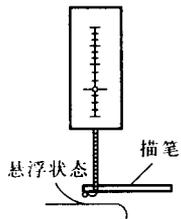


图 2-5 热笔压力测量

4) 热笔压力的测量

热笔压力的测量如图 2-5 所示。热笔接好后它对热敏纸的压力,可用一微型拉力计测得。测量的方法是把拉力计与热笔垂直,拉动笔尖,当热笔笔尖与热敏纸分离时在拉力计上读得的数值即为热笔对纸的压力,一般压力应取 3 g 为宜。

6. 时间常数过小

时间常数低于 2 s。有以下原因:

- ① 输入级场效应管(FET)或集成块输入阻抗

下降。

- ② 耦合电容变质。

- ③ 放大器板和封闭继电器接点漏电。

7. 灵敏度过低

在 10 mm/1 mV 灵敏度接时,调节灵敏度电位器达不到 10 mm/1 mV。灵敏度过低有以下原因:

- ① 供电交流电源电压过低。

- ② 机内的直流稳压电路有故障。

③ 放大器中的晶体管、集成块或阻容元件变质,也可能是放大器的工作点不对。

- ④ 记录器线圈局部短路。

8. 波形失真

记录的心电图波形严重失真,有以下原因:

- ① 阻尼调节不当或阻尼电路有故障。

- ② 记录器线性差(位置反馈电路线性差)。

- ③ 阻容耦合电容变质,引起时间常数变小。

- ④ 肌电干扰抑制网络和 50 Hz 抑制网络的元件变质。

- ⑤ 输入平衡电阻脱落、隐断或电阻变质。

- ⑥ 电压放大器和功率放大器的工作点调整不合适。

- ⑦ 走纸推动装置有故障,引起走纸速度误差过大。

9. 无定标或定标电压大小不合适

因为以下原因造成:

- ① 标准电池耗尽,无电压。

- ② 1 mV 定标开关失灵。

- ③ 定标电路的连接线脱落、分压电阻变质。

- ④ 机内稳压定标电路有故障。

- ⑤ 定标光电耦合隔离电路有故障。

- ⑥ 封闭电路的继电器的开关闭合,放大器的后级被封闭。

- ⑦ 导联选择开关有故障或连接线脱落。

- ⑧ 放大器的工作点严重不正常。

- ⑨ 记录器线圈损坏或盘香弹簧脱落、位置反馈电路有故障。

10. “封闭”失灵

闭锁电路在做心电图时不能起封闭作用,有以下原因:

- ① 封闭电路或继电器有故障。

- ② 自动封闭电路或封闭开关管有问题。

- ③ 封闭控制开关损坏。

11. 热笔单偏

出现热笔单偏的现象基本上是机内发生故障,有以下原因:

- ① 两个耦合电容器有一个漏电。

- ② 电压放大器或功率放大器中的一侧放大管损坏。

- ③ 基线调节电位器损坏或一侧连线断开。

- ④ 放大器的工作点严重不平衡。

- ⑤ 热笔的机械零位不对。

12. 无记录波形的故障检查流程如图 2-6。

13. 线性不好

其表现为描笔在上或下不同位置,打 1 mV 定标时,波幅相差过大。

见表 2-7 所示:

表 2-7 线性故障现象与排除方法

故障现象或原因	解 决 方 法
1. 记录器问题: 记录器边缘效应过重 记录器盘香弹簧有问题 磁路问题或记录器轻度失磁	1. 经修理后的记录器仍不能使用,应更换新品 2. 更换盘香弹簧 3. 对磁路有问题的或轻度失磁的均需要重新充磁
2. 描笔的机械位置即零位不对或描笔架与记录器外壳相碰	1. 调整机械零位 2. 增大笔架与记录器外壳之间的间隙
3. 后级放大器、功率放大器工作点不对	调整工作点
4. 后级放大器、功率放大电路中的管子有“软击穿”现象	查出后更换

14. 描笔不热

描笔不热故障现象及解决方法见表 2-8 所示:

表 2-8 描笔不热故障现象与排除方法

故障现象或原因	解 决 方 法
1. 描笔损坏	更换描笔
2. 描笔加热电路有问题、描笔加热振荡电路不工作	修理描笔加热部分电路
3. 笔温调节器有问题	更换笔温调节器
4. 电源问题	检修电源电路

15. 电动机不转或纸速不对

当记录开关置于记录时出现的这种现象,见表 2-9 所示:

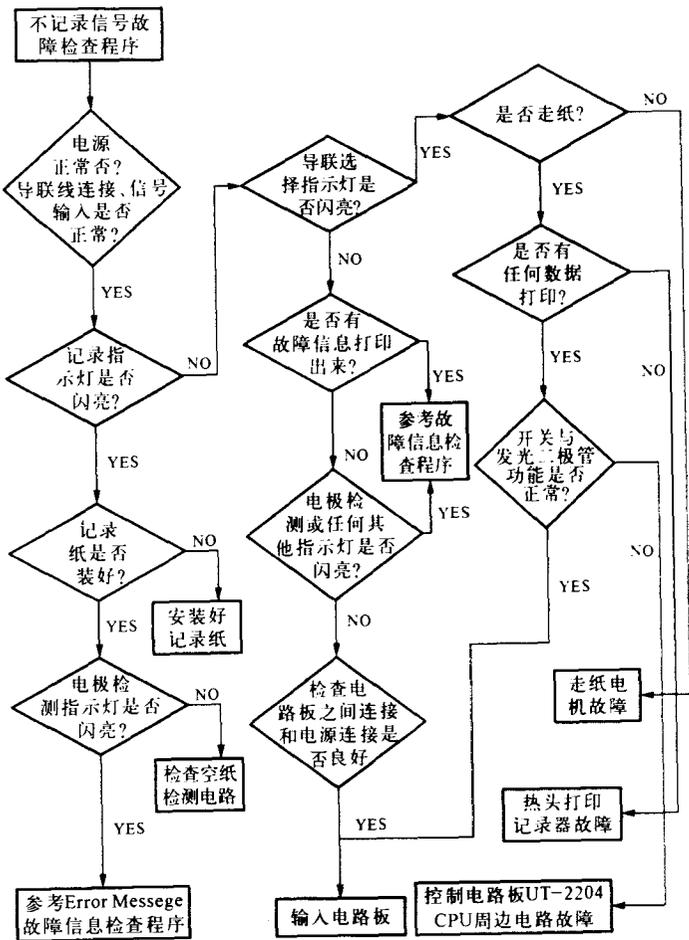


图 2-6 无记录波形的故障检查流程图

表 2-9 低速故障现象与排除方法

故障现象或原因	解 决 方 法
1. 电动机问题: (1) 卡死 (2) 线圈开路或短路 (3) 移相电容损坏	(1) 更换电动机 (2) 修理电动机 (3) 更换电容
2. 纸速控制电路有问题	查纸速控制电路并修复
3. 纸速调节器断线	找出断线处并焊好
4. 走纸轴和电动机轴传动部分松动	加以固定即可
5. 传动齿轮啮合不当, 齿轮受损变形, 弹簧卡头磨损	1. 更换齿轮 2. 更换弹簧卡头

16. 走纸轧利

走纸轧利故障现象及解决方法见表 2-10 所示:

表 2-10 走纸故障现象与排除方法

故障现象或原因	解 决 方 法
1. 纸卷中心孔偏斜	更换中心孔
2. 纸卷安放不当、不正确, 压力大	正确安放纸卷; 调整压力
3. 橡胶轴和压轴倾斜, 橡胶轴老化	修理或更换橡胶轴或压轴 更换橡胶轴和压轴两侧的弹簧

17. 充电失效

蓄电池不能充电, 新电池放上去很快就没电故障现象及解决方法见表 2-11 所示。

表 2-11 蓄电池故障现象与排除方法

故障现象或原因	解 决 方 法
1. 蓄电池失效	更换新蓄电池
2. 充电电路有问题	检查充电电路, 找出故障
3. 机内电源电路问题, 优先使用交流电供电控制电路问题	检查机内电源部分, 查找优先供电电路故障

第三节 心电图机的故障维修实例

一、主放大电路板故障维修实例

实例 1 记录笔单偏

【故障现象】 接通电源, 记录笔单偏, 调节记录笔位移控制电位器 VR₃₀₆, 也不能使记录笔返回记录纸中心。

【故障分析】 记录笔单偏是一种原因比较复杂的故障现象, 首先要确定故障现象发生的大致部位, 然后再逐级进行检查。为此, 可以充分利用机器面板上的各种功能按键开关和调节器来压缩故障部位。接通电源开关, 将等待工作开关置于工作位置, 工作方式选择开关 (START/CHECK STOP) 选定在 STOP 位置, 这时记录笔偏向一边, 而且调整记录笔位移控制 VR₃₀₆, 也不起作用。这种故障的原因一般发生在主放大器电路。主放大器由两块集成块 IC₃₀₁、IC₃₀₂ 和 4 个功率放大晶体管组成, 三部分之间均为直接耦合传输方式。IC₃₀₁ 输出端⑬脚经 R₃₀₈ 直接耦合到 IC₃₀₂ 输入端, IC₃₀₂ 输出端⑧脚和⑨脚直接耦合输出给功放管, 每一部分均可产生导致记录笔单偏的故障。为了将故障源定位, 将 R₃₀₈ 电阻从 IC₃₀₁ 的⑬脚相连端焊接悬空, 并将该电阻悬空端与地线连接, 这样切断了信号传输通道, 将主放大器分割成两部分, 使 IC₃₀₂ 与后面功放管组成了一个小系统, 而将 IC₃₀₁ 影响排除。经这样处理后再试机时, 将造成单偏的故障源定位在 IC₃₀₁ 芯片及相关外围元器件上。IC₃₀₂ 芯片内有心电信号放大和位置反馈放大系统, 两者在芯片内经比较放大后, 输出一相应信号控制记录笔偏转, 这两者任一个失常都将引起记录笔单偏。

【故障排除】 首先检查 IC₃₀₁ 内心电信号通道, IC₃₀₁ 芯片⑩脚电位在输入心电信号为零时应为零, 实测该点电平为零, 反映 IC₃₀₁ 芯片内心电信号放大通道工作状态正常。经这样分割后可确定造成单偏原因就存在于该芯片内位置的反馈放大系统通道中。该机位置反馈放大系统采用磁敏电位器作位置传感器, 在对该系统进行检查时, 如用手将记录纸位置移到记录纸中心, 则 IC₃₀₁ 的⑬脚电压应为 0V, ⑭脚电压应为 -2.5V, 测量发现⑬脚电压偏向 -7V, 而⑭脚电压为 0V。为排除磁敏电位器开路故

障,用万用表直流 10 V 挡红表笔接位置传感器插座第一位,而黑表笔接位置传感器插座第二位,再用红表笔接位置传感器插座第二位,而黑表笔接位置传感器插座第三位。在上述两种情况下 IC₃₀₁ 芯片输出端⑮脚电压相应由零向正电压增加,方向变化由零向负电压增加。正常时,IC₃₀₁ 输出端⑮脚对地电压应随磁敏电位器阻值变化而变化,实测⑮脚电压为一固定极性正电压,不受上述变化的影响。运用上述步骤重复测试传感器的端头,并检测位置反馈信号放大器输入端。IC₃₀₁ ③脚电压正常时应为 +2.5 V,实测该点电压恒零。分析造成该点电压为零的原因是位置反馈传感器供电电源失常。该电压是由机内 +8 V 电源供给 IC₃₀₁ 的⑤脚,检查⑤脚 +8 V 电压正常,而 IC₃₀₁ 的⑥脚电压为零,排除了 IC₃₀₁ 芯片⑥脚对地短路及稳压管 ZD₃₀₃ 短路的可能。实测查出 IC₃₀₁ 芯片⑤脚和⑥脚呈开路状态,估计系该芯片内电阻开路。采用分立元件电阻外补法,在⑤脚和⑥脚间串入 1 kΩ 电位器,并与 510 Ω 电阻串联,通电,边调电位器,边用万用表检测 IC₃₀₁ ⑤脚对地电压达到 5 V,然后关机。用相同阻值的电阻(1.1 kΩ)搭焊在⑤脚和⑥脚间,这样检测 IC₃₀₁ ③脚电压符合正常值 2.5 V,其输出端⑮脚电压亦近似为零。将电路各部分连接恢复至正常,重新开机记录笔单偏的故障排除,记录笔位置可随位移电位器 VR₃₀₆ 的改变而变化,将机器状态置观察挡并键入定位信号,记录笔偏转正常,描出一列标准定位波形。

实例 2 记录笔向上单偏

【故障现象】 开机后,记录笔向上单偏,调整基线时电位器不起作用。

【故障分析】 接通电源开关,将等待/工作开关置于 OPR,工作方式选择 STOP,记录笔偏向一边,调整基线电位器不起作用,这种故障现象一般是由主放大器元件损坏引起。因为在 STOP 工作方式时,前置放大电路中主封闭电路起作用,前置放大器的输出端通过 Q₁₀₉ 对地短路,因而对后级电路没有影响。主放大器包括两个集成块 IC₃₀₁、IC₃₀₂ 和四个功率放大晶体管 Q₃₀₁~Q₃₀₄ 及位置反馈记录器。IC₃₀₁ 为多功能放大器,内含限幅放大器、比较放大器,位置信号放大器和阻尼调节放大器。IC₃₀₂ 是激励放大器,给功放管提供激励电流,当机器处于静态时,记录器线圈中电流为零。

【故障排除】 首先测量主放大器输入电源是否正常,以排除因电源故障引起的记录笔单偏。然后检查记录器和 IC₃₀₁,将基线电位器调至中心位置,从电路板上拔下记录器电机的接线插头,接通电源,用手拨动记录笔上下偏转,用数字万用表测量 IC₃₀₁ 输出端⑮脚电压在 ±4 V 之间变化,当记录笔转过中心位置时,⑮脚电压过零点,说明位置传感器和 IC₃₀₁ 正常,故障在第 2 级放大器或功放管上。用万用表测得 IC₃₀₂ ⑧脚无输出,功放管 Q₃₀₁~Q₃₀₄ 正常。更换 IC₃₀₂ 后故障排除,机器恢复正常。

实例 3 记录笔向下单偏

【故障现象】 开机后,记录笔向下单偏,调节基线电位器不起作用。

【故障分析】 接通电源,将等待/工作开关置于 OPR,工作方式选择 STOP。首先测量主放大板输入电源电压 12 V、+8 V、-8 V 均正常。将 R₃₀₈ 电阻从与 IC₃₀₁ 的⑮脚相连处断开,与地线相连接,以切断信号传输通道,排除 IC₃₀₁ 的影响。然后再开机,记录笔单偏故障消失,说明 IC₃₀₂ 与功放管、记录器线圈正常。

【故障排除】 用手将记录笔移到中心及上下限位置,测量 IC₃₀₁ 输出端⑮脚电压为 -5 V 且不发生变化。拔下位置传感器与线路板的连线插头,拨动记录笔上下偏转,用数字万用表测量位置传感器输出端之间的电阻变化范围,正常。更换 IC₃₀₁,将电路各部分连接恢复正常,重新开机,故障排除。

实例 4 描笔不热

【故障现象】 开机后,各开关处于正常工作位置,描笔不热。

【故障分析】 描笔不热的原因有:无加热脉冲电压输出,加热电阻丝开路,自激多谐振荡器停振。

【故障排除】 首先用示波器检查一下描笔插座的两个接线插座,观察其是否有预热或加热脉冲电压输出。检查时先拔下描笔接线插头,在描笔插座上接一个 2 kΩ 左右的电阻。开机加电波,有脉冲电压输出而描笔不热,进一步检查 -12 V 和 -8 V 电源均正常,说明由 Q₃₁₀、Q₃₀₈ 等组成的自激多谐振荡器停振,或由 Q₃₀₇、Q₃₀₉ 组成的驱动电路因某个三极管极间开路而无法将 -12 V 电压加给描笔。经检查,发现是因为耦合电容器 C₃₀₈ 和 C₃₀₉ 有问题,导致多谐振荡器停振。更换 C₃₀₈ 和 C₃₀₉ 后故障排除。

实例 5 笔温过高

【故障现象】 笔温过高而烧笔。

【故障分析】 有两种情况可导致笔温过高或烧笔故障。一种是接通电源开关,工作方式开关在 STOP 位时描笔就被烧红,发生这种情况的原因有三个: Q_{307} 或 Q_{309} 某一只三极管 C、E 极间因击穿短路后使 +12 V 电压常加在描笔上,使之温度过高。如不及时关机会使描笔迅速烧毁。振荡器中其中一只三极管损坏后,由另一只三极管不间断地振荡而输出一不间断的直流电压,使描笔过热而烧坏。在检修中还碰到过在 STOP 方式下,互锁式电子开关 IC₂₀₂ 的第②脚输出为正常的高电平,但因非门 IC_{211F} 损坏后其第⑮脚输出一高电平,使加热脉冲频率始终过快而使描笔过热而烧毁。另一种情况是人为造成烧笔现象,例如在操作中误将描笔温度控制电位器调到高温区,也易使描笔烧坏。

【故障排除】 当遇到烧笔的故障时,将笔温调节电位器逆时针调到头(低温控制状态),并将热笔加热连线插头拔离插座后再作检查。对加热控制部分电路或其他相关电路进行检查时,发现 Q_{307} 的 c-e 极间击穿短路,更换 Q_{307} 后,故障排除。

二、ECG-6151 型心电图机故障维修实例**1. 前置放大电路故障的分析与检修**

前置放大电路发生故障时的故障现象:接通电源后记录笔偏向一边,但液晶显示及其他操作功能都正常。当将机器面板上的增益调节电位器逆时针调到头,使增益为零时,记录笔可回复到中心位置。这种情况下,等于把前置放大器输出端对地短路,由于主放大器工作正常,因此记录笔回复中心位置。这种故障现象说明前置放大器发生了故障。

在前置放大电路板上,由于信号通路上的元器件比较多,而通路上的任何一个元器件有问题都可引起上述故障现象,因此必须对电路进行逐级地检查。一步步地压缩故障范围。下面分例介绍检修方法:

实例 1 高增益放大器(IC₃₁₄)故障的检修

【故障现象】 当 IC₃₁₄ 发生故障时可能产生两种故障现象:第一种故障现象是接通电源后描笔向操作人员方向单偏,即向下单偏。基线调节也与正常情况相反,基线钮逆时针调节,快到极限位置时描笔才能向上移至中心位置(正常情况是基线钮逆时针调节时描笔向下偏移)。在描笔调

至可向中心移位时,可以观察到毫伏定标信号,但是定标信号幅度很小,而且定标电压方向也与正常情况相反,波幅向下。第二种故障现象是接通电源后,描笔向上或向下单偏,调基线钮不起作用。上述两种故障情况,当将面板上的增益调节电位器逆时针调到头时,记录笔都能回复到中心位置。而且液晶显示及各种键控操作功能均正常。

【故障分析与排除】 对于第一种故障情况:由于定标时还可观察到定标信号电压,这说明定标信号已由前级的光电耦合器送到了 IC₃₁₄ 的输入端。由此可大致确定,光电耦合器及其前级的放大电路工作基本正常。光电耦合器送到 IC₃₁₄ 输入端的定标信号是负向变化的。如果 IC₃₁₄ 放大功能正常,那么这个负的标压信号经 IC₃₁₄ 反相放大后,得到的输出是放大几百倍的正标压信号。当 IC₃₁₄ 因故障失去反相放大作用时,光电耦合器输出的负标压信号直接经 IC₃₁₄ 的反馈电阻的衰减,然后耦合到它的输出端,因而使定标信号反相,而且幅度很低。所以本例故障的原因是在 IC₃₁₄ 上,只要更换 IC₃₁₄,问题就解决了。

对于第二种故障情况,如果故障发生在 IC₃₁₄ 上,则可能是由于 IC₃₁₄ 击穿,使其输出端(第⑧脚)输出一个较高的直流正电压或直流负电压。由于这个直流电压较大,因而使记录笔产生正向或负向单偏,而且调节基线调节钮也不起作用。

当发生这种故障现象时,可用示波器检查 IC₃₁₄ 第⑧脚的输出是否正常。正常情况下,在无信号时,IC₃₁₄ 第⑧脚输出为 0 电平,定标时,定标电压幅度为 -0.5 V。如果在无信号时,这里输出是一个较大的直流电平,并且将其第⑥、第⑦脚短路后输出仍不变化,则说明 IC₃₁₄ 已发生故障。

实例 2 光电耦合放大器稳压偏置电路故障的检修

【故障现象】 接通电源后,记录笔偏向操作者方向(即向下单偏),顺时针调节基线移位钮时,描笔能向中心位置移位。当描笔调到向上移位时,还可观察到定标信号,而且定标的幅度和方向也正常。当将基线移位钮顺时针调到头时,记录笔可回到中心位置。

【故障分析与排除】 有定标信号说明光电耦合器(PC-02)及其前级放大器工作是正常的。标信号的幅度和方向也正常,这说明 IC₃₁₄ 也有正常的放大功能。那么故障只有可能发生在为光电耦合器的光敏电池提供

负偏压的稳压偏置电路里。

当 ZD₃₀₁ 和 R₅₅₇ 组成的稳压电路有问题, 无 -5.6 V 的稳压输出时, 就会造成本例的故障现象。这是因为, 光电耦合器中的发光二极管在无心电图信号输入时, 也会在前级驱动下发出一定强度的光。而次级的光敏电池就会输出一定的直流正电压。-5.6 V 的稳压正是为了给它提供一个起始负偏压, 将其产生的正电压中和掉。如果没有这个负偏压, 光敏电池产生的正电压经 IC₃₁₄ 反相放大再送到主放大器放大后就会造成使记录笔向下单偏。因此应当首先检查 -5.6 V 的稳压是否正常。如不正常, 应检查稳压管 ED₃₀₁ 或 R₅₅₇ 是否有问题。

如果 -5.6 V 电压正常, 那么可能是电阻 R₅₅₆ 损坏断路; 使负偏压不能加到光敏电池上。

例如有一台与本例故障现象完全相同的 ECG-6151 心电图机, 检查 -5.6 V 的电压正常, 电阻 R₃₅₆ 外观上正常又无断裂, 于是决定取下 R₃₅₆ 检测, 发现已断路, 更换新的同值电阻后将仪器修复。

实例 3 光电耦合器故障检查方法

【故障现象】 接通电源后记录笔向上单偏, 调节基线调节钮不起作用。如果将增益调节电位器逆时针调到头, 记录笔可回复到中心位置。液晶显示及键控操作功能尚正常。

【故障分析与排除】 ECG-6151 型心电图机在前置放大电路里采用了 PC-02 型光电耦合器进行信号传输和浮地与地的隔离。根据它的工作原理可知, 当其内部的发光二极管因击穿不能发光时, 次级的光敏电池就不能产生起始工作电压, 而为中和这个起始电压的负偏置电压却一直存在, 即相当于为 IC₃₁₄ 第⑦脚输入一个负电压, 由 IC₃₁₄ 反相放大后再经主放大器放大, 所以会造成本例的故障现象。

光电耦合器中的发光二极管功耗较大。如果光电耦合器发生故障, 可能是光电耦合器中的发光二极管损坏。检查方法, 与检查普通二极管的方法大致相同, 可用万用表检测一下发光二极管的正反向电阻。其正向电阻比普通硅二极管的正向电阻要大一些, 在电路上检测正反向电阻值应有很大差别。如果正反向电阻都很大, 或者正反向电阻都很小, 就说明发光二极管已损坏, 故障原因在光电耦合器上。如果光电耦合器是好的, 那么本例故障原因可能发生在光电耦合器之前的电路部分。

实例 4 光电耦合器驱动电路故障的检修

【故障现象】 接通电源后记录笔发生单偏(方向或上或下), 调整基线移位钮不起作用。将面板上的增益调节电位器逆时针调到头, 记录笔可回复至中心位置。液晶显示及键控功能都正常。

【故障分析与排除】 光电耦合器的驱动电路集成在 IC₃₀₈ 中。它包括光电耦合驱动器和基线调节放大器。IC₃₀₈ 的第⑧脚是光电耦合驱动器的信号输入端。第⑩脚是基线调整电压输入端。正常情况下在无信号输入时, 第⑧脚应为 0 电平。毫伏定标时第⑧脚输入的毫伏标压幅度为 0.2 V。第⑩脚的输入电压, 随基线钮在正反时针极限范围内调整而在 -6 V 范围内变化。IC₃₀₈ 第①脚至浮地输出参数是: 当基线钮在正反时针极限范围内调节时, 第①脚至浮地的电压应在 +1.3 V ~ +2.5 V 之间变化, 毫伏定标时输出电压变化约为 -10 mV。

根据上面参数, 我们可用示波器分别检查光电耦合驱动器的输入输出情况。如果输入电压正常, 第①脚输出电压是个低于 +1.3 V 或高于 2.5 V 的直流电平, 而且调基线移位钮电平不变化, 那么 IC₃₀₈ 中的后半部电路已经发生了故障。就是说光电耦合驱动器已发生问题。

需要指出, 光电耦合驱动器所使用的电压是一组 -3 V 的电压。当这个电压不正常时(比如无 -3 V 电压或电压过低), 发光二极管便会不发光或发光太弱, 从而造成记录笔的单偏。应检查 +3 V 的电压是否正常。即检查 IC₃₂₈ 第②脚电压是否为 -3 V。如果 -3 V 电压不正常则故障在 -3 V 的整流滤波电路。

如果第⑧脚的输入电平在无信号时为一个直流正(或负)电压, 那么故障发生在光电耦合驱动器以前的电路中。

实例 5 增益和基线移位自动控制电路及中间放大器故障的检修

【故障现象】 同上例。经过前面的分析检查确定上述电路工作正常。

【故障分析与排除】 IC₃₁₁ 和 IC₃₁₂ 组成增益与基线移位自动控制电路。当它们发生故障时, 也会造成如上例的故障现象。

基线位置自动调节的过程是: 取样后的心电信号由 IC₁₁₁ 的第①脚输入进行峰值保持, 然后经过 IC₃₁₂ 进行缓冲放大(×1 倍)后再送到 IC₃₁₁ 的峰值运算电路进行运算, 正负峰值差的 1/2 取负值后由第③脚输出, 与心

电信号叠加后,将基线位置自动下移。心电信号中 R 波峰越高,IC₃₁₁ 第⑬脚输出的直流电平负值越大。当无心电信号输入时(即导联选择在 TEST 时)或仪器工作在手动工作方式(按一下 AUTO 开关,液晶显示上去掉 AUTO 字样)时,IC₃₁₁ 第⑬脚的输出电平应当为 0 V。当然由于此时峰值保持电路停止工作,IC₃₁₂ 的输入端和输出端的电平都应当为 0 V。

本例故障是,接通电源后记录笔即单偏。这时 IC₃₁₁ 中的峰值保持电路没有工作。因此 IC₃₁₁ 第⑧、⑨、⑩、⑬、⑮、⑰和⑱脚都应当为零电平。如果 IC₃₁₁ 由于故障原因使第⑬脚输出一个直流电平,那么必定会使记录笔产生单偏。因此可通过测定 IC₃₁₁ 第⑬脚输出电平是否正常判定增益和基线移位自动控制电路是否有故障。一般说来如果发现 IC₃₁₁ 第⑬脚有较大的直流电平输出,就可判定 IC₃₁₁ 发生了故障。因为 IC₃₁₂ 接成电压跟随器,故障可能性比较小。如果 IC₃₁₁ 第⑬脚输出正常,那么故障发生在中间放大器上。

IC₃₀₉ 接成同相输入的负反馈放大器,并接有置零调节电路。在它的输入端还接着 Q₃₀₁、Q₃₀₂ 和 Q₃₀₃ 组成的封闭(INST)电路。VR₃₀₁ 是置零调节电位器。正常情况下,VR₃₀₁ 在正反转分别调到头的情况下,IC₃₀₉ 第⑥脚的输出电压应在 +0.2 V 之间变化,正确的调整应使 IC₃₀₉ 输出为 0 V。当按下封闭(RESET)开关,如果 IC₃₀₉ 第⑥脚输出不为 0 V,而为一个绝对值大于 0.2 V 的直流电平时,那就说明 IC₃₀₉ 已发生故障。

其实,当确定增益和基线移位自动控制电路 IC₃₁₁ 是正常的以后,就可以锁定 IC₃₀₉ 发生了故障。因为 IC₃₀₉ 的输入端接着时间常数电容,而时间常数电容 C₃₀₁ 是隔直流的。即使电容之前的电路发生故障,也不可能造成使记录笔长时间单偏的故障现象,所以检查到此,即可确定是 IC₃₀₉ 发生了故障。上述几例的分析与检查都是基于电源电压是正常的。在着手检查电路时,首先应当检查供电电压是否正常。如果电压不正常,就需要对供电电路进行检修了。

实例 6 差分放大器(IC₃₀₈的前半部分)故障的检修之一

【故障现象】 接通电源的瞬间,记录笔偏向一边,过一会儿(约 3 s)记录笔又回复到中心位置,选择所有导联均无心电信号,并且无毫伏标压信号。在开启电源的瞬间,如果同时按下封闭开关(RESET 钮)记录笔不再单偏。

【故障分析与排除】 由于所有导联既无心电信号又无毫伏标压信号,说明故障发生在信号的公共通道上。所有导联的心电信号经导联选择后都必须通过 IC₃₀₈ 内部的差分放大器,差分放大器输出端接着隔直流电容 C₃₀₁,它和 R₃₃₅、R₃₃₆ 组成时间常数电路,当 IC₃₀₈ 中的差分放大器损坏后,其输出可能为一个直流电平。通电后的瞬间内,电容上电压不能突变,等于差分放大器输出的直流电平通过电容耦合到后面的电路中去,使记录笔发生单偏。随着时间的推移,经过约 3 s(R₃₃₅ 和 C₃₀₁ 的时间常数)后,C₃₀₁ 充电结束,差分放大器输出的直流电压等于加在电容两端。因此后续放大电路又逐渐回复原态;记录笔又回到中心位置。在接通电源的瞬间如果按下封闭开关,使 Q₃₀₁、Q₃₀₂ 处于导通状态,瞬间使 C₃₀₁ 充电结束,自然记录笔不会再发生单偏。因此当遇到本例故障现象时,我们可以迅速地确定是 IC₃₀₈ 中的差分放大器发生了故障。

当然 IC₃₀₈ 故障时,不一定输出一个直流电平。当其输出为 0 V 电平而又发生故障时,就需要用示波器对其输出端第⑫、⑬脚进行定量检查。在无信号输入时,IC₃₀₈ 第⑫脚输出应为 0 电平,当毫伏定时,⑫脚输出约 +20 mV 的定标电平。如果无定标电压输出,则说明 IC₃₀₈ 已损坏。

实例 7 差分放大器故障的检修之二

【故障现象】 共模抑制比性能降低,不能达标。抗干扰性能降低,记录心电图时交流干扰严重,采用滤波功能也不能滤除交流干扰。

【故障分析与排除】 本例故障是由于差分放大器性能不良而引起的。ECG-6151 型心电图机的共模抑制比主要由差分放大器来决定。它取决于差分放大电路的对称性,包括差分放大器阻抗网络的对称性和放大器的开环增益的对称性。当由于各种原因使上述因素变坏时,共模抑制比就会随之降低。而 ECG-6151 型心电图机的差分放大器是集成封装在 KT-5 型集成块中,只要更换新的 KT-5(即 IC₃₀₈)问题就解决了。

当更换的集成块为 KT-5A,而原先的集成块型号为 KT-5 时,机内定标的幅度会发生变化。这时需要在 IC₃₀₈ 的第⑬脚和第⑭脚到地之间接一个 500 Ω 的可调电位器(即 R_x,其安装位置在 C₃₀₁ 时间常数电容的旁边),以便对机内毫伏定标信号进行校正。

其他型号的心电图机其共模抑制比也大都取决于差分放大器的质量。当发生如本例的故障现象时也应该从差分放大器入手进行检修。

实例 8 走纸速度转换开关失控

【故障现象】 开启电源,当开启(START)开关后,电机转速很快,而且速度转换开关失控。但液晶显示一切均正常。

【故障分析】 据电路图及现象分析,它可能是电机转速反馈回路断路,反馈脉冲不能加到 IC₁₁₂ 的③脚。使 IC₁₁₂ 的⑬脚输出的电压不断升高,从而使马达转速不断地加快。

【故障排除】 检查反馈回路无断路现象,用万用电阻挡检查电机的反馈线圈时,发现线圈已断。更换同型号的电机以后,故障排除。

实例 9 ECG-6151 型心电图机处于瘫痪状态

【故障现象】 接通电源后,液晶显示与正常情况不同,整机处于“死机”状态,面板上各功能键无反应,且当按下各键时无“嘀”响声。

【故障分析】 分析 ECG-6151 型心电图机的控制电路可知,键控音响“嘀”声是由 4 096 Hz 的脉冲信号驱动蜂鸣器而产生的,而 4 096 Hz 的脉冲信号是由 4 MHz 的晶振脉冲经 CPU 计数分频后从第⑤脚得到一个 131.072 kHz 的时序脉冲,再经过 IC₁₀₈ 的 1/32 分频得到的。本故障无“嘀”声,说明 CPU(IC₁₁₀₁)、分频器(IC₁₀₅)等逻辑控制部分有问题。由于本机的各种指令控制脉冲都是由 4 MHz 的晶振脉冲分频后得到的,因此根据整机处于瘫痪状态的故障现象,判定应从对晶振器和 CPU 的工作状态检查入手。

【故障排除】 用一台 50 MHz 以上的示波器检查晶振器 X₁₀₁ 两端(即 CPU⑨、⑩脚之间)的电压波形,观察到波形是 1 V 的高频晶振脉冲,输出正常,说明晶振器工作正常。再检查 CPU 第⑤脚输出的不是一个 131.072 kHz 的时序脉冲,而是一个 2 V 左右的直流电压。分析可能是 CPU 故障,或者可能是与 CPU 第⑤脚相关的电路发生故障。更换 CPU,机器的液晶显示有所变化,检查第⑤脚的波形,发现是一个顶端被限幅,底位被一直流钳位电平淹没的 131 kHz 的时序脉冲,这说明 CPU 第⑤脚有时序脉冲输出,但波形的改变又说明与 CPU 第⑤脚连接的相关元器件有损坏的可能。从电路图上分析,IC₁₀₅ 分频器和 IC_{110D} 通道锁存器与第⑤脚有关联。通过替换法并检查第⑤脚脉冲变化,判断出 IC₁₀₅ 与 IC₁₁₀

都有故障,更换两个集成块后,CPU 第⑤脚输出正常。但是各键选通时的音响还是没有。根据以上检查,无声响的故障只能发生在音响电路。分析电路图可知,音响电路由 IC₁₀₈、IC₁₀₉ 和蜂鸣器 BZ-101 组成。用示波器检查 IC₁₀₉ 第⑫脚输出波形,发现输出的不是正常的 4 096 Hz 脉冲,而是在正常波形上叠加了一个直流电平,因此判断 IC₁₀₉ 第⑫脚可能因击穿而产生一个高电平。更换 IC₁₀₉,再检查 IC₁₀₉ 第⑫脚输出是 4 096 Hz 脉冲波形,故障排除,机器恢复正常。

实例 10 走纸速度不能转换

【故障现象】 接通电源开启 START 开关,走纸速度显示和电机转速都不能转换,始终是 50 mm/s 的速度。

【故障分析】 纸速转换指令是 CPU 通过 IC₁₁₀ 数据锁存器后送到 IC₁₀₉ 第⑤脚,同时 IC₁₁₀ 输出的纸速转换指令还控制液晶显示状态的转换。用示波器检查 IC₁₁₀ 第⑤脚的输出,正常情况下 IC₁₁₀ 第⑤脚输出为高电平时,纸速为 25 mm/s 时,输出为低电平时,纸速为 50 mm/s,实际检查第⑤脚输出电平始终为低电平。因此判定 IC₁₁₀ 有故障。

【故障排除】 更换 IC₁₁₀ 后,显示状态正常,但实际走纸速度还是不能转换,始终是 50 mm/s。从电路图分析,走纸速度的转换是由 CPU 输出的控制指令控制 IC₁₀₅ 两个逻辑门来实现的。IC₁₀₅ 分频器第⑫脚分频后的 256 Hz 的脉冲信号加到 IC₁₀₉ 的第⑤脚,经②脚~③脚分频得到的 512 Hz 的脉冲与后输出为 512 Hz 脉冲(只是相位相反),由第⑬脚输到 IC₁₁₂ 另一逻辑门的第②脚。当走纸速度选择在 50 mm/s,CPU 控制电路给 IC₁₀₅ 送来一个低电平,由第⑤脚输入的 256 Hz 脉冲反相后,从第①脚输出高电平,送到 IC₁₁₂ 一个门的第①脚,与第②脚输入的 512 Hz 脉冲相反,作为 50 mm/s 的走纸驱动脉冲,用示波器检查 IC₁₀₉ 第③脚输出情况时发现,不管如何转换纸速选择开关时,输出脉冲始终为 512 Hz,检查 IC₁₀₉ 第④脚输出一个高电平,而第⑥脚纸速转换指令正常,说明 IC₁₀₉ 的第④、⑤脚逻辑门有故障,更换 IC₁₀₉ 后故障排除,机器正常工作。

三、ECG-6511 型心电图机故障维修实例

实例 1 无波形

【故障现象】 进行心电信号的描记时,无波形出现。经检查,发现机

器的电极脱落,重新安装肢体电极与胸电极,故障现象未见改变。

【故障分析】 电极脱落指示检测电路由 IC₁₀₉ 和 R₁₄₀、R₁₄₁、R₁₄₂、R₁₄₃ 组成。R₁₄₀~R₁₄₃ 是两个分压器,得到±4 V 的参考电压,分别加到 IC_{109A} 的反相和 IC_{109B} 的同相输入端。各导联的心电信号,经缓冲放大器 IC₁₀₀~IC₁₀₂,再经模拟开关 IC₁₀₃~IC₁₀₆ 选通后送到前置放大器 IC₁₀₇ 的输入端;经 IC₁₀₇ 放大。在电极未脱落时,IC₁₀₇ 输出的信号电压不会超过±4 V,IC_{109A} 或 IC_{109B} 输出低电平,光耦合器 PHC₁₀₂ 不工作,电极脱落指示灯不亮。另一方面,由于 R₁₁₉ 一端的一8 V 电压加到 Q₁₀₁、Q₁₀₂ 的基极上,Q₁₀₁、Q₁₀₂ 截止,心电信号可顺利送往下一级放大器 IC₁₀₈。当有电极脱落时,±200 mV 或更大的干扰信号加到 IC₁₀₇ 上,其输出电压超过±4 V,IC_{109A} 或 IC_{109B} 输出高电平,通过光耦 PHC₁₀₂ 驱动电极指示灯亮,这个电压通过 R₁₂₀、R₁₁₉ 与一8 V 共同分压加到 Q₁₀₁、Q₁₀₂ 基极上,使基极电位大于饱和导通电压,Q₁₀₁、Q₁₀₂ 饱和导通,信号无法送到 IC₁₀₈,从而无波形描出。

【故障排除】 实际测量发现,IC₁₀₇ 输出端电压为 4.5 V,Q₁₀₁、Q₁₀₂ 都饱和。更换 IC₁₀₇ 故障依旧,切换导联始终未见变化。从以上试验断定:至少有一根导联不受模拟开关限制,始终与 IC₁₀₇ 的输出端连通,导致干扰信号始终加到 IC₁₀₇ 的一个输出端上,从而形成电极脱落的假象。将每根导联线分别与 RF 线短路,当用 V₅ 与 RF 短路时,故障消失,说明模拟开关 IC₁₀₅ 内部选通,V₅ 的一路已短路,更换 IC₁₀₅ 后机器恢复正常。

实例 2 某一导联无波形

【故障现象】 胸导联的某一导联(如 V₂ 或 V₆ 等)无波形,干扰大,其他导联完好。

【故障分析】 因为只有一个导联坏,所以可以排除公共部分,即前置放大及主放等后续电路肯定是好的。故障肯定出现在前面。人体心电信号输入至缓冲放大级 IC₁₀₀~IC₁₀₂,四肢导联信号经威尔逊网络至导联选择电路,胸导联信号 C₁~C₆ 直接接至导联选择电路。一般情况下,此类故障大多出现在缓冲放大级部分,即缓冲放大器 IC₁₀₀~IC₁₀₂ 中某一个有问题。而且每一集成块中有三个运放,一般都是其中一个运放有问题。

【故障排除】 由于此种运放输入级是人体信号,是微伏级的,所以这三只缓冲器都是专用型的,给我们维修工作带来一定困难。经导联选择

通道一路一路输出,判断出那只坏的缓冲器,更换后故障排除。

实例 3 心电信号严重失真

【故障现象】 记录心电图时,选在单极加压导联或胸导联时,心电信号出现严重失真,个别导联出现波形倒置,导联选择控制和显示正常。

【故障分析】 根据故障现象,I、II、III 导联信号正常,可以判断既不是外界干扰引起的,也不是机内 50 Hz 交流干扰引起,是机内电路故障引起的导联信号的叠加造成的。根据其工作原理分析,此故障一般是发生在前置放大电路中导联选择控制电路上,当有两组以上的电子开关同时选通时,便会发生导联信号叠加,出现此故障。导联选择电子开关由 IC₁₀₃~IC₁₀₆ 四个模拟电子开关集成块组成,开关的选通与阻断受 IN 端子控制,即禁令控制端(第⑥脚)的输入电平控制。当 IN 端子为低电平时,允许导联选通,否则阻断导联选通。如果导联选择数据锁存器 IC₁₁₀、IC₁₁₁ 发生故障,使如 IC₁₁₀ 的 B 门输出端因击穿而对地短路,其输出总为低电平,那么 IC₁₀₃ 就会被置于常选通的工作状态。当分别选择 I、II、III、aVR、aVL、aVF、V₁ 等导联时,V₂、V₃、V₄、V₅ 胸导心电信号也会分别被同时选中。这时输入到差分放大器 IC₁₀₇ 的心电信号就变成了两种导联心电信号相叠加的产物,因而造成记录波形的严重失真。正常情况下,IC₁₁₀ 的 A、B、C、D 四个门输出情况是:当导联由 TEST 选至 III 导联时,D 门输入为低电平,其他门全为高电平,当导联由 aVR 至 V₁ 转换时,C 门输出为低电平,由 V₂ 至 V₃ 时,B 门为低电平,选至 V₆ 时,A 门为低电平,如果出现两个或多个门输出为低电平,很可能是 IC₁₁₀ 发生了问题。这就是 IC₁₁₀ 的 A、B、C、D 四个门中任一逻辑门因故障输出为常低电平的情况。同理,如果 IC₁₁₁ 逻辑门中任何一个因故障而输出为常高电平时,则会造成相应的导联无信号的故障现象。

【故障排除】 根据以上故障分析,在各导联记录时,分别检测 IC₁₁₀ 各逻辑门输出情况,发现在做胸导联和单极加压导联的情况下 IC₁₁₀ 中的 D 门输出为低电平,也就是说在做胸导联和加压导联时,I、II、III 导联也被分别同时选中,造成多种导联信号叠加,检测 IC₁₁₀ 外围电路未发现异常,更换同型号的 IC₁₁₀ 后,故障排除。

实例 4 无心电信号

【故障现象】 接通电源后各种功能选择开关均工作正常,当导联选

择在 TEST 位,工作方式选择在 CHECK 位时,1 mV 定标信号正常,当导联选择在 $V_1 \sim V_6$ 任一导联时,记录笔产生大幅度交流干扰,而且无心电信号。

【故障分析】 1 mV 定标信号正常说明差分放大器 IC₁₀₇ 后的电路工作正常,故障发生在前置放大电路板的信号输入和导联选择电路中。也就是说故障发生在导联选择电子开关以前的电路部分,又根据此故障现象来看,故障不在导联选择模拟电子开关上。发生此故障的原因可能有两种,一是右脚电极通路处于开路状态,二是威尔逊网络带电。

【故障排除】 根据分析首先检查右脚导联电极是否锈蚀或接触不良,导联线是否断线,输入平衡电阻 R₁₀₉ 是否断路,通过上述检查,发现导联线内部已折断(靠近电极板一端的),然后用手术刀划开此导联线后重新焊好再用同种颜色的塑料绝缘胶布包扎好后试机,心电信号正常,故障排除。

实例 5 不能记录各导联的心电信号

【故障现象】 接通电源后机器面板上各种键控功能及发光二极管的显示均正常,基线移位调节正常。但无定标信号,不能记录各导联的心电信号。

【故障分析】 此故障的原因可能发生在两个地方,一是差分放大器 IC₁₀₇ 损坏时会产生此种故障现象,二是当 INST 封闭电路处于常闭状态时(Q₁₀₂ 处于导通状态),也会产生这种故障现象。

【故障排除】 根据分析首先检查 IC₁₀₇,用示波器检查发现 IC₁₀₇ 的第⑥脚输出为一个高电平,正常情况下应为 0 V,说明故障就发生在 IC₁₀₇ 上,更换后故障排除。

实例 6 各导联的心电信号有干扰

【故障现象】 1 mV 定标在“CHECK”位时正常,转换到各导联位时,只有 II 导正常,其余各导联均有不同程度的干扰。

【故障分析】 根据故障现象,仔细分析图纸,有以下几种可能:信号输入电路的故障;缓冲放大电路的故障;威尔逊网络故障;导联转换电路故障。又由于 II 导正常,断定为 L 通道有干扰,采用分割法来压缩故障点。

【故障排除】 首先将缓冲放大器 IC₁₀₀ 的⑤脚断开试机,故障依旧,

再将 IC₁₀₀ 的④脚断开,故障现象消失。说明干扰是由 IC₁₀₀ 产生的,更换 IC₁₀₀,故障排除。

四、ECG-8110K 型心电图机故障维修实例

实例 测心电图时走纸不稳定

【故障现象】 用自动程序测心电图时走纸极不稳定。

【故障分析】 走纸不稳定的原因有:电动机有故障;控制电路有故障。

【故障排除】 开机检查其电路并测走纸电机电压,在自动分析程序工作时为 3.9 V 左右,而在手动程序工作时走纸电机电压为 4.9 V 左右。走纸电机的控制电路是采用一种新型的脉冲锁相环路控制技术,由晶振产生 10 MHz 的基频振荡脉冲,经 IC₅₀₉、IC₅₁₀ 分频后产生 3 种频率的走纸控制脉冲,然后经 IC₅₀₆ 选择送入电机稳速控制电路,在 IC₅₁₃ 内部振荡器产生一定频率的脉冲输出,然后经 IC₅₀₈ 选择送入电机稳速控制电路,控制开关晶体管 Q₅₀₁ 为走纸电机提供脉冲电流,使电机走纸的速度准确、均匀和连续。再进一步检查测量开关晶体管 Q₅₀₁ 的发射极、基极、集电极的电压均正常。在电机工作时电压下降说明走纸电机负载过重,拆开检查发现碳刷磨损与转子接触不实,造成电机电流过大,使电机电压下降,工作不正常。经过处理后重新上好,机器恢复正常工作。

第三章

脑电图机的维修

第一节 脑电图机的结构组成与工作原理

一、脑电图导联

与心电图记录一样,记录脑电信号首先必须解决电极在大脑表面的放置以及电极与脑电放大器输入端的连接问题,即脑电图导联问题。由于脑电图信号较为复杂,需要采用多个电极进行检测。为了消除其他生物电信号的干扰,必须将数量较多的电极集中放置在大脑表面一个较小的区域内,因此脑电图的导联比心电图要复杂得多。由于脑电信号的复杂性以及人类对大脑活动认识的不足,目前还没有一个公认的脑电图导联标准。各个厂家都是按照自己的方案设置一些固定的脑电图导联,同时为了给医生提供较高的灵活性,各厂家的脑电图机一般都提供自选导联模式,由医生根据病人的实际情况设置导联的连接。

虽然脑电图导联还没有统一的标准,但是脑电电极的放置却有相对比较统一的方案,这就是所谓的10-20系统电极法。

1. 10-20系统电极法

目前,国际上已广泛采用10-20系统电极法,10-20系统电极如图3-1所示。其前后方向的测量是以鼻根到枕骨粗隆连成的正中线上为准,在此线左右等距的相应部位定出左右前额点(F_{P1} , F_{P2})、额点(F_3 , F_4)、中央点(C_3 , C_4)、顶点(P_3 , P_4)和枕点(O_1 , O_2),前额点的位置在鼻根上相当于鼻根至枕骨粗隆的10%处,额点在前额点之后相当于鼻根至前额点距离的2倍即鼻根正中距离20%处,向后中央、顶、枕诸点的间隔均

为20%,10-20系统电极的命名即源于此。

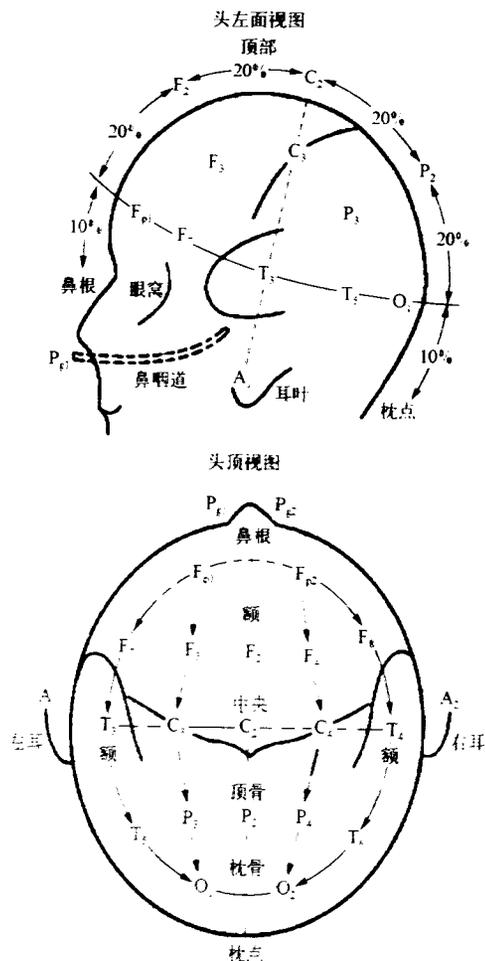


图3-1 10-20系统电极

图 3-1 所示的 10-20 系统电极是在一个平面上的所有电极和外颞裂、中央的位置。

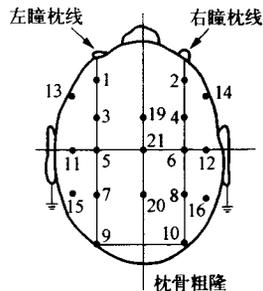


图 3-2 脑电电极安放部位

为了区分电极和两大脑半球的关系,通常右侧用偶数,左侧用奇数。从鼻根至枕骨粗隆连一正中矢状线,再从两瞳孔向上、向后与正中矢状线等距的平行线顺延至枕骨粗隆称左右瞳枕线。脑电电极安放部位如图 3-2 所示。

- ① 从枕骨粗隆向上约 2 cm,左右旁开 3 cm 与左右瞳枕线相交处为左右枕极(9、10)。
- ② 沿瞳枕线入发际约 1 cm 处为左右额前极(1、2)。

- ③ 左右外耳道连线与左右瞳枕线相交处为左右中央极(5、6)。
- ④ 左右额前极与中央极之中点处为左右额极(3、4)。
- ⑤ 左右中央极与枕极之中点处为左右顶极(7、8)。
- ⑥ 左右中央极与外耳道之中点处为左右颞中极(11、12)。
- ⑦ 左右瞳孔与外耳道中点处为左右颞前极(13、14)。
- ⑧ 左右乳突上发际内约 1 cm 处为左右颞后极(15、16)。

2. 脑电图机的导联

前面提过,脑电图就是要描记头皮上两电极间电位差的波形,因此每一导联必须有两个电极,其中的一个电极连接在脑电图机放大器的一个输入端,另一个电极连接放大器的另一个输入端。如果人体上存在零电位点,放在这个点上的电极和放在头皮上的另一个电极之间的电位差,就是后一个电极处电位变化的绝对值。我们把放于零电位点的电极称为参考电极或无关电极;把放于非零电位点的电极称为作用电极或活动电极。因此,脑电图的导联方法分为两类:单极导联法(一个极为参考电极,另一个为作用电极)和双极导联法(两个极均为作用电极)。

人体上的零电位点应当怎样选取呢?理论上规定位于电解质液中的机体,以距离该机体很远处的点为零电位点。这种点是难以利用的,我们只能在人体上找一个距离脑尽可能远的点定为零电位点,合乎“远距离”

标准的,首先是四肢,但是不能选用,因为那将在脑电图中混进心电图(心电图幅度一般比脑电图幅度大两个数量级),因而只能在头部选择离头尽可能远的点为零电位点,现在临床中一般选取耳垂。

(1) 单极导联法

单极导联法是将作用电极(活动电极)置于头皮上,参考电极(无关电极)置于耳垂。通过导联选择器的开关分别与前置放大器的两个输入端 G_1 和 G_2 相连。

作用电极与参考电极之间的连接如图 3-3 所示,共有以下三种连接形式:

- ① 一侧作用电极与同侧参考电极相连接,如图 3-3(a)。
- ② 两侧的参考电极连在一起再与各作用电极相连接,如图 3-3(b)。
- ③ 左侧的参考电极与右侧作用电极相连接,右侧参考电极与左侧作用电极相连接,如图 3-3(c)。

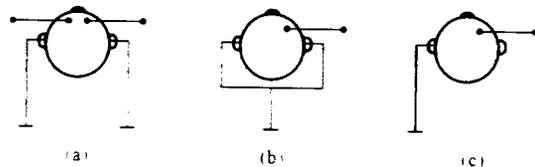


图 3-3 作用电极与参考电极的连接

(2) 平均导联

平均导联实际上属于单极导联的一种,由于单极导联中的参考电极不能保持零电位,易混进其他生物电的干扰。为了克服这个缺点,即将头皮上多个作用电极各通过 $1.5 \text{ M}\Omega$ 的电阻后连接在一起的点作为参考电极,称之为平均参考电极。将作用电极与平均参考电极之间的连接方式称为平均导联。

(3) 双极导联法

双极导联法只使用头皮上的两个作用电极而不使用参考电极,所记录的波形是两个电极部位脑电变化的电位差值。双极导联法的优点就在于干扰可以大大减小,并可以排除无关电极引起的误差。但其波幅较低,也不够恒定,两作用电极间的距离又不宜太近,以免电位差值互相抵消,

一般应在 3~6 cm 以上。

多道脑电图记录中的电极连接模式如图 3-4 所示,三种电极连接方式分别见图中(a)、(b)、(c)。

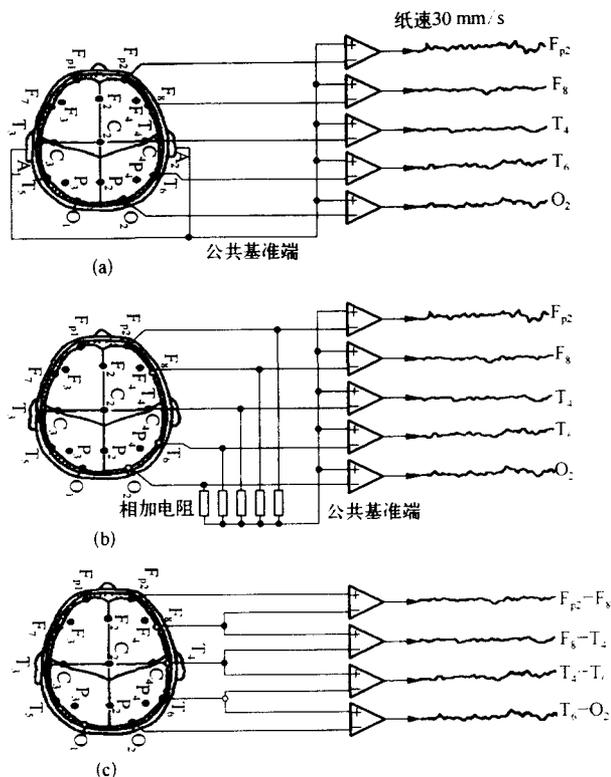


图 3-4 多道脑电图记录中电极连接模式

二、脑电图机的结构组成与工作原理

脑电图机与心电图机的工作原理基本相同,都是将微弱的生物电信号通过电极拾取、放大器进行放大然后通过记录器绘出图形的过程。所以,脑电图机的结构也是由以下几部分组成:输入部分、脑电放大器、调

节网络、记录控制部分、传动走纸部分以及各种电源构成。

脑电图机的原理方框图如图 3-5 所示。

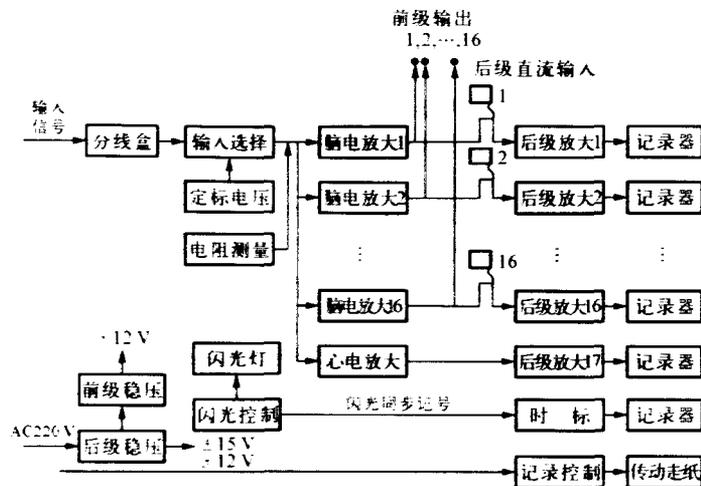


图 3-5 脑电图机的原理方框图

1. 输入部分

输入部分包括:电极盒、导联选择器、电极电阻检测装置和标准电压信号发生装置。

(1) 电极盒

电极盒也称作分线盒,它是一个金属屏蔽盒,壳体接地,盒上有许多插孔。安放在人脑部的头皮电极通过连接导线末端的插头插入电极盒相应的插孔中,插孔的号码与导联选择器(电极选择器)的号码相一致。电极盒的信号连接电缆与脑电图机的放大器相连,将头皮电极检测到的脑电信号进行传送。有的电极盒还带有电极电阻测量装置,便于操作者及时了解头皮电极的接触状况。

(2) 导联选择器

脑电信号由电极拾取通过电极盒送到主机以后,还需经导联选择器才能分别送入相应的各放大器进行放大。导联选择器是从与电极盒插孔

有联系的多个头皮电极中任意选出一对连接到放大器的两个输入端。导联选择有两种导联开关：固定导联开关和自由导联开关。

① 固定导联是由厂家设定，一般有4~7种，每种导联的电极连接方式已在机器内部设定好，可以直接进行测量。

② 自由导联由用户自己设定，可任意选择脑电极的连接方式，组成所需要的导联输入到各放大器。

脑电图机上有时还设有耳垂电极选择器。把耳垂电极插在电极盒固定的号码插孔上，通过耳垂电极选择器，可使左右耳垂电极连接在一起，或连在一起并接地。此外，也可选择左耳接地或右耳接地方式。

(3) 电极电阻检测装置

电极与皮肤接触电阻的大小，直接关系到脑电图的记录质量，所以脑电图机都设有皮肤电阻检测装置。在脑电信号记录之前，首先对每个电极与头皮的接触电阻进行检测，看是否满足要求。电极与皮肤接触电阻一般在10~50 kΩ。如果某一道的电极皮肤接触电阻超过了50 kΩ，就会有相应的显示指示，提示对电极进行处理。这种装置有时设在脑电图机的电极盒上，有时设在主机的放大通道上。可用直流电作为检测电极电阻的电源（干电池或交流电经过整流后提供的直流电），也可用交流电作为电源。

(4) 标准电压信号发生装置

脑电图机在描记脑电图之前需要进行定标，使各道描记笔的灵敏度相同。这样才能对以后所描记下来的各个部位脑电图的幅度进行测定和相互比较。因此每个脑电图机都设置标准电压信号发生装置，与心电图机的1 mV定标电压相比，它有多个幅值和多种波形（方波和正弦波）。

标准电压信号的产生类似于心电图机的1 mV定标电压，由输入电压经电阻分压器后，可获得1 mV、500 μV、200 μV、100 μV、50 μV、20 μV的各级电压，通过标准电压开关输送到放大器的输入端。该装置的输入电压可以由稳压电源供给，也可以由干电池供电与电阻分压器产生直流定标电压，但干电池随着时间的延长，电压会降低，所以要注意及时更换。

2. 放大电路部分

放大电路部分包括：前置放大器，增益调节器，时间常数调节器，高频滤波器，后级电压放大器和功率放大电路。

脑电波经输入部分输送到放大电路的输入端，由于脑电波属于低频

（一般为0.5~60 Hz）、小幅值（5~100 μV）的生物电信号，要想用描记笔把它记录下来，这就要求放大电路要有足够高的电压增益。因而脑电图机的放大器应当是具有高电压增益、高共模抑制比、低漂移、低噪声的低频放大器。

(1) 前置放大电路

前置放大电路多采用结型场效应管构成的差分式放大器，提高了电路的输入阻抗和共模抑制比。

(2) 增益调节器

增益调节器是调节放大倍数的装置，也就是用来调节脑电图机灵敏度的装置，它包括三个部分：增益粗调、增益细调和总增益调节。

① 各道的增益粗调设置在前级放大器之后，由分压电阻网络及开关组成，通过改变后级放大器接受前级放大器输出电压的比例，实现增益的调节。

② 各道的增益细调设置在后级放大器的负反馈回路中，通过电位器改变后级放大器的电压放大倍数，可以实现连续调节。

③ 总增益调节设置在后级放大器的输入端，它对各道放大器的放大倍数能够同时进行控制。总增益控制主要在下列两种情况下使用：整个脑电波波幅过低无法阅读，需要将各道增益同时增大；描记当中突然出现异常高波幅波，描记笔偏转受阻，需要将各道增益同时衰减。

(3) 时间常数调节器

脑电图机的前级放大器各级之间以及前级放大器与后级放大器之间，采用的都是阻容耦合，它不能放大直流信号，对低频信号有较大的衰减，所以要考虑这种放大器对阶跃信号的过渡特性，以及对低频正弦信号的频率特性。脑电图机的时间常数，就是用来反映放大器的过渡特性和低频响应性能的参数。其值越大，表明放大器的下限频率越低，越有利于记录慢波；时间常数越小，对低频信号衰减作用增强，起到了低频滤波器的作用，有利于记录快波。脑电图机时间常数一般包括0.1 s、0.3 s、1.0 s三挡，通常使用0.3 s。

(4) 高频滤波器

时间常数调节器是改变放大器频率响应的低频段特性曲线，关系到低频衰减，属于低频滤波器。而高频滤波器则是改变放大器频率相应的高频段特性曲线，关系到高频衰减。通常分15 Hz、30 Hz、60 Hz(75 Hz)

和“关”四挡,记录脑电信号时选 60 Hz(75 Hz);记录心电信号时选“关”。

(5) 后级电压放大器

前级放大电路的输出信号经过时间常数、高频滤波、增益调节等调节网络处理后,还需送入后级放大电路进一步增幅。前级电压放大器和后级电压放大器合称前置放大电路,它的输出电压幅度应能驱动末级功率放大器输出足够大的功率。

(6) 功率放大电路

脑电信号经前置放大,高、低通滤波器,最后加到功率放大器,以推动记录器偏转。有时除记录脑电信号外,还需和其他生理参数一同记录,如心电信号、肌电信号等,或者是把脑电信号记录到磁带上,有的还可以输出到计算机进行处理后再送回主机进行记录。功率放大电路部分应设有数据输入及输出插口。

功率放大电路还可通过记录器的速率反馈线圈引入负反馈,改变记录器的阻尼,同时引进电流负反馈,用来记录线圈电阻的变化对于记录灵敏度的影响。例如,当线圈发热时其电阻加大,线圈电流减少,描记笔的摆幅就要减小,由于电流负反馈的存在,随着负反馈信号的减小,功率放大器输出电压将增大,弥补一些线圈电流的损欠,以至于描记笔的摆幅下降甚微。

3. 记录部分

脑电图机的记录方式与心电图的记录相比,要丰富得多,有记录笔通过记录纸记录、磁带记录、计算机存储记录,还有较复杂的拍摄记录等。较高级的新型脑电图机可同时设有几种记录方式。目前常用的仍然是笔式记录。

笔式记录装置主要由两部分组成:记录笔和记录电流计。

(1) 记录笔

记录笔有墨水笔式、热笔式和喷笔式等形式。最常用的是墨水笔式。它的缺点是不能记录较高频率波形,但由于脑电信号属于低频信号,墨水笔式记录完全可以满足要求,加上该种记录方式所使用的记录纸成本较低,所以,目前临床中仍然在广泛使用。热笔式记录由热笔和热敏纸组成,该种记录方式所记录的脑电图曲线清晰,不会产生波形失真,是当前心电图记录中最普遍采用的方式,但由于脑电图记录纸宽,记录笔数目多,记录时间长,这样造成脑电图记录的成本太高,限制了它的使用。喷笔式记录方式需用尖笔和复写纸,这种尖笔制造工艺复杂,尚未推广,该

方式的优点是喷笔和纸之间不产生摩擦,适于记录高频波形。

(2) 记录电流计

记录电流计控制记录笔的动作,它也有多种形式。目前与墨水笔式和热笔式记录笔相配用的大都是动圈式电流计。动圈式电流计主要由三部分组成:永久磁铁、动铁芯(起增强磁场的作用)、线圈。永久磁铁构成固定磁场,线圈是套在动铁芯上面的,当线圈有电流通过时便产生了磁场,该磁场的强弱和方向由线圈中电流的大小和方向来决定。线圈磁场与固定磁场相互作用产生力矩推动动铁芯转动,安装在动铁芯顶部的记录笔也就随之转动,便可把脑电信号描记在记录纸上。

4. 电源部分

脑电图机的各部分电路均以稳压电源供电,以减小电网电压波动和温度变化对电子电路工作状态的影响,这是保证整机能够正常工作的基础。脑电图机一般有多组直流稳压电源,供给电路各部分。

5. 脑电图机的辅助部分

脑电图机所描绘的都是人体自发的脑神经电活动信号,临床上有时需要用刺激的方法来引起大脑皮层局部区域对外界刺激的反应,产生电活动,称之为诱发电位。根据刺激类型不同,有视觉诱发电位、听觉诱发电位、体感诱发电位,它们分别由光刺激、声刺激、躯体感觉刺激引起。检测人体神经系统各类诱发电位的仪器称为诱发电位仪,本书不再介绍。目前,大部分脑电图机也都配有光刺激器,可进行简单的视觉诱发电位的检测。光刺激器产生的光刺激,由前面板即可调节其输出频率(一般在1~30 Hz之间)、刺激时间(5~15 s)、刺激间隔时间(5~15 s)、刺激方式(手动和自动)、刺激开始与停止等。使用时,将闪光灯正对患者眼睛,距离约30 cm,选择适当的频率和时间,然后按下启动按钮,即可发出所需要的光。在闪光的同时,记录笔会自动记下闪光同步信号,以便分析波形时进行对照。

第二节 脑电图机的故障维修

一、脑电图机的故障维修方法

本节以 EEG-7300 系列脑电图机的故障维修方法为例,介绍脑电图

机故障维修思路。

EEG-7300 系列脑电图机由模拟电路和数字电路组成,模拟电路用于放大、记录由脑电极检测到的脑电信号,数字电路则用来控制整个仪器的运作。模拟电路的故障可由工程技术人员按常规方法进行维修,而数字电路的故障可以由机器内置的自检程序来处理。为了便于该型脑电图机的维修,我们提供了模拟电路中常见故障维修的流程图。如果数字电路发生故障,自检程序就会将故障信息显示于液晶显示屏上,此信息可以使维修人员很快找出故障原因及位置,缩短修理时间。

1. 模拟电路常见故障排除流程图

① 输入电路故障排除流程如图 3-6 所示。

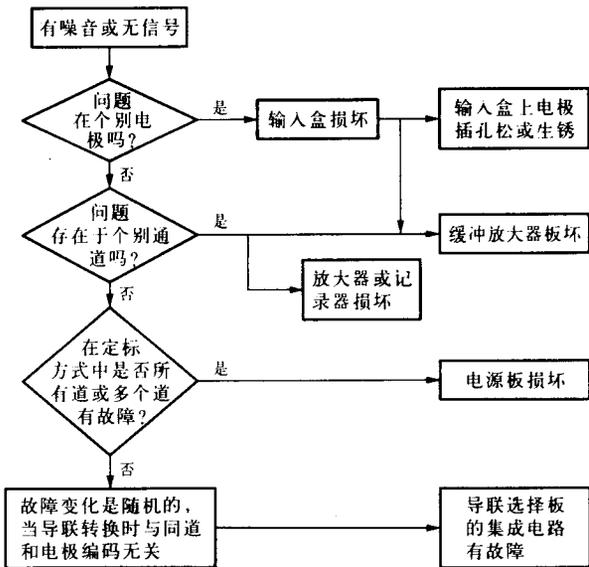


图 3-6 输入电路故障排除流程

注意由环境情况和电极失效引起的脉冲噪声有时与输入电路中的干

扰比较相似,这时应仔细检查周围环境情况。应引起注意的是,有一些因素是叠加在电源线或地线上的噪声以及静电或电极状况(如电极松动、脱落或生锈)等引起的脉冲噪声,在这种情况下可以通过重新放置电极、移动病人位或更换电源线、地线来排除故障。

② 放大器到记录器故障检修。这种脑电图机各道使用相同的放大系统,将怀疑有故障的单元用好的单元替换,易于判断,可使维修过程更为简化。放大器到记录器的故障检查过程,如图 3-7 所示。

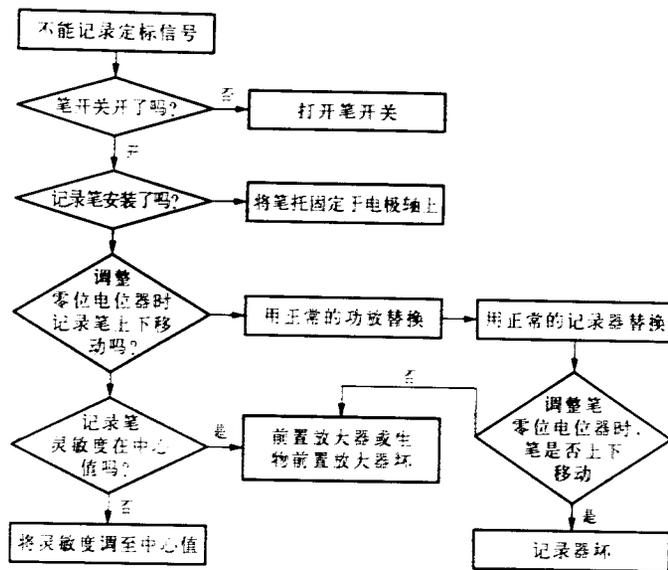


图 3-7 放大器到记录器故障检查过程

③ 电极电阻检查流程如图 3-8 和图 3-9 所示。

④ 光刺激部分故障检查流程图如图 3-10、图 3-11 和图 3-12 所示。

2. 数字电路故障

数字电路的故障可以通过机器内置的自检程序进行检查。当机器接

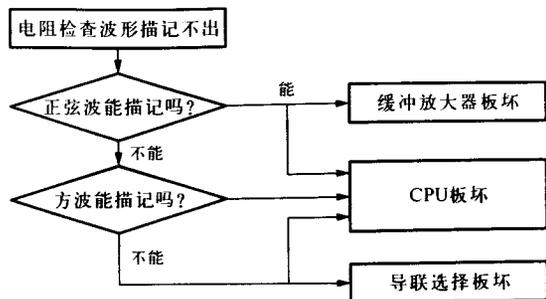


图 3-8 电极电阻检查流程(一)

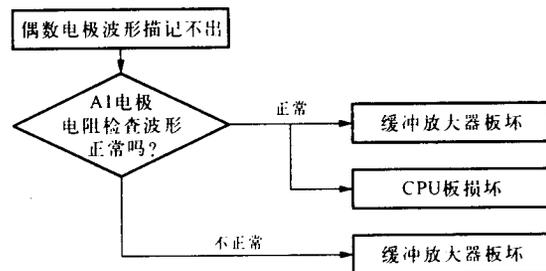


图 3-9 电极电阻检查流程(二)

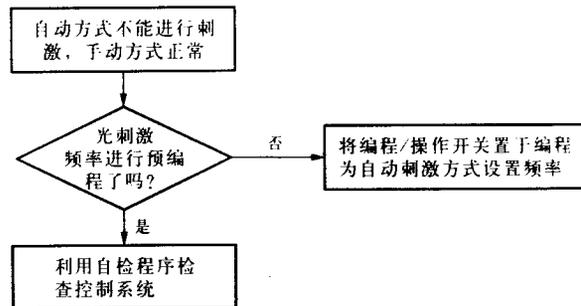


图 3-10 光刺激部分故障检查流程(一)

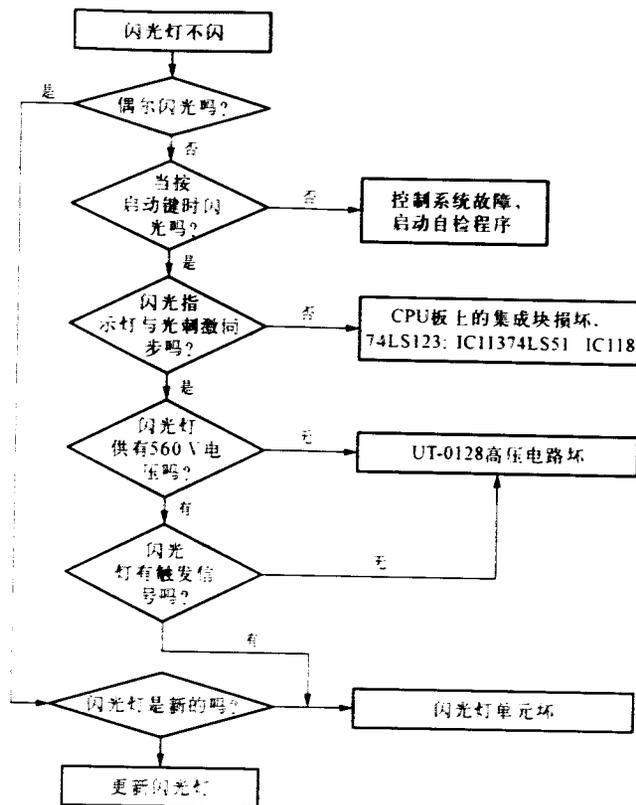


图 3-11 光刺激部分故障检查流程(二)

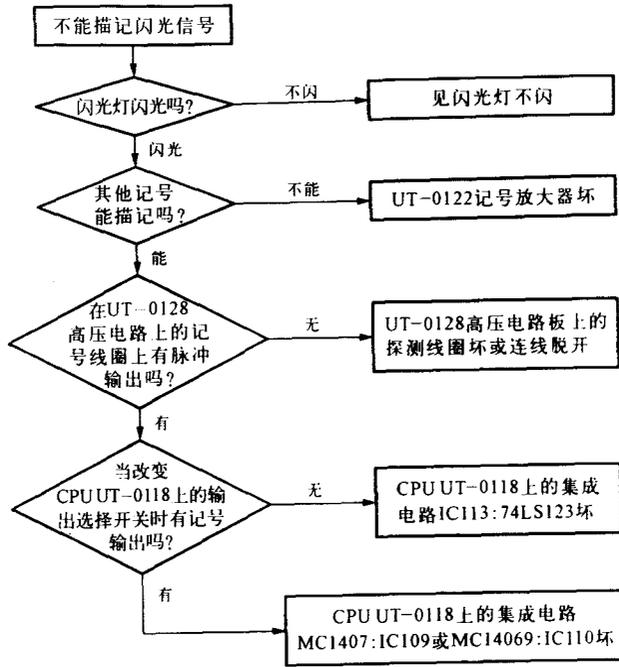


图 3-12 光刺激部分故障检查流程(三)

通电源时,机器用内置的自检程序进行自检过程,如机器无故障,液晶显示屏上将出现标准的定标方式,如有问题就会显示故障信息。液晶显示屏上的故障信息可以分为以下三类:

- ① 存储器数据操作不正确。
- ② 机器错误(即硬件故障)。
- ③ 控制程序失效。这种错误信息可以出现于打开电源时和正常操作过程中。“ERROR-0”或“ERROR-A”显示于屏幕的右上角。

EEG-7300 系列脑电图机自检程序的错误信息见表 3-1 所列。

表 3-1 错误信息描述表

显示信息	描述
ERROR-0 ERROR-A	控制程序失效
WORKING AREA	系统初始化内存被破坏
SYSTEM-MEMORY ERROR	内存保护区或备份区被破坏,检查: (1) 为通道数码所设的存储区 (2) 为电极电阻检查设置的存储区 (3) 电极显示存储区 (4) 代码存储区
SET BIT-8 AT DIP-SW	CPU 板上的 DIP SWITCH 开关的内存清除位(第 8)被置于 CLEAR 端(换到 OPERATE 端)
SETTING-MEMORY ERROR	内存备份区域破坏,检查: (1) MONTAGE(PATTERN)FREE 存储区 (2) BIO AMP MODE 存储区 (3) AV 删除电极存储区 (4) ACC SETTING 存储区
PROGRAM-MEMORY ERROR	保护内存区被破坏,检查: (1) 导联(图式)程序 (2) 自动记录程序 (3) 光刺激程序
THE MEMORY IS CLEAR	屏幕顶部指示的内存被清除
ALL MEMORY ARE CLEARED!	内存所有的保护区、备份区和系统区均被清除
THE BATTERY IS DISCHARGED! ALL MEMORY ARE CLEARED! REPLACE THE BATTERY!	当电池被放电时显示,检查: (1) 系统区代码表 (2) 系统区通道数 (3) 程序内存保护区 (4) 内存备份区
SET OPERATE PROGRAM SWITCH TO PROGRAM	将操作编程开关置于编程方式
SET OPERATE PROGRAM SWITCH	将操作编程开关置于操作方式

注:以上所有显示信息除了打“+”的均指随机存储区 RAM 的故障,更换 CPU 板上的 RAMIC149 即可。

二、脑电图机的常见故障维修

本部分以常见的几种故障的分析与排除为例,介绍脑电图机的常见故障维修。

【故障现象 1】 Neurofax 脑电图机在开机后显示器无光栅,但其电源绿灯亮,脑电图机工作指示灯闪亮,无法进入测试状态。

【故障分析】 根据故障现象,脑电图机工作指示灯闪亮,说明该机计算机系统未发出工作指令,故障必在计算机系统。因其显示器黑屏而无法进入操作系统,又据显示器表现的故障现象,根源必在其行电路或视放电路上。经拆机检查发现,该机灯丝亮,视放电路各工作电压正常。灯丝亮易误认为行输出电路正常,实际该机灯丝电压由开关电源直接供给,由此可判断行输出电路有故障。

【故障排除】 测行输出管 Q_{310} 各级电压, $VC=75\text{V}$, $VB=0$ (无负压),很明显行电路不起振或行推动有问题。顺行输出电路往前检查,行输出管 Q_{310} 、行推动变压器 T_{310} 、行推动管 Q_{315} 、电容 C_{319} 正常,发现 C_{355} 炸裂,用 2KV121K 云母电容替换试机,仍无光栅,行振荡器不起振。继续往下查,行振集成块 IC_{201} (TDA4858),⑥、⑦两脚为输出行激励脉冲,测其各脚电压(用 DT809 数字表测), IC_{201} 各脚电压见表 3-2 所列。

表 3-2 IC_{201} 各脚电压

引脚号	实测电压/V	正常电压/V	引脚号	实测电压/V	正常电压/V
①	0.13	0.39	⑪	1.8	1.92
②	1.5	0	⑫	3.4	0.61
③	0	1.85	⑬	3.4	0.57
④	0	1.14	⑭	4	0.51
⑤	0	2.51	⑮	0.85	1.02
⑥	10.5	8.18	⑯	2.4	0.61
⑦	10.5	5.74	⑰	3.4	5.04
⑧	0	0	⑱	3.6	5.04
⑨	12	12.25	⑲	3.4	5.04
⑩	1.8	8.58	⑳	3.4	5.01

(续表)

引脚号	实测电压/V	正常电压/V	引脚号	实测电压/V	正常电压/V
㉑	2.9	4.11	㉔	0.75	5.66
㉒	2.1	4.11	㉕	1.3	2.58
㉓	1	3.06	㉖	2.5	4.39
㉗	0	2.79	㉘	2.5	5.13
㉙	0	0	㉚	0.9	4.63
㉛	1.4	6.62	㉜	3.3	5.03

与正常值相比,很明显行振荡器不起振,查其外围电路,未发现异常现象,因此可判断行振集成块 IC_{201} 损坏。用同型号集成块更换后,行振集成块起振,光栅出现,后显示图像正常,但进入 Windows 98 桌面后,行不同步,重新启动系统,光栅出现枕形失真,图像出现向右重影,画面中间出现黑竖带,进入桌面行也不同步,反复启动几次故障亦如此。调显示器面板—SELECT+、选择 B←→按钮、—ADJUST+、不起作用。

试在 C_{335} (417K) 两端并列 121K 电容器,图像重影消失,竖向黑带移出光栅外,但系统进入桌面后,图像行频变化,成横向条纹,调节显示器面板控制键,纵向调节起作用,横向调节仍不起作用,反复检测电路各分离元件,未发现异常,维修陷入困境。试换面板控制块 IC_{650} (TSC51C1TOC12CA),拆除 C_{335} 上并联的电容,通电试机,一切恢复正常,面板纵横控制正常。由此可以判断,行振块 IC_{201} 频率急剧变化,除自身损坏外,还影响面板控制块 IC_{650} 局部损坏,导致以上多重复杂故障出现,只有更换全部损坏的集成块,该机的故障才能全部排除。

恢复计算机与脑电图机的连线,通电试机,先打 DIR→ENTER→空格键→BEAM3→ENTER→BEAM3→ENTER,屏幕显示:脑电处理系统→在右上角“新病人”处单击一下→屏幕消失→重新单击“新病人”→新屏幕出现→单击“确认”→定标,至此脑电图仪可以进行正常的测试,故障全部排除。

【故障现象 2】 EEG-414 脑电图机按下电源开关,指示灯一亮即灭,面板指示全无,仪器的所有功能都不动作,监视器也无显示。

【故障分析】 根据故障现象,首先检查电源部分,打开后盖,经观察发现(H1018A)熔丝过负荷熔断,估计电路中有短路现象。

【故障排除】 分段检查,先把电源部分卸下来,拔下电源输出插件,去掉负载,装上熔丝,通电检查,熔丝未断;根据电路图测量各测试点电压,发现供给监视器工作的+12 V 电压偏高,经检查为该稳压单元的调整管击穿,更换调整管后,电压恢复正常。由电路分析可知,调整管坏,并不能导致熔丝大电流熔断,有可能负载部分有故障,该单元+12 V 电压通过主板上插件 CNJ138 到插件 CNJ130 供给监视器,测主板上+12 V 电压测试点对地电阻为 0,拔下 CNJ138,测 CNJ130 上+12 V 测试点对地电阻仍为 0,打开监视器,发现由主板发出的连接监视器的控制线插件上覆满墨水,已经严重击穿;经测量,插件上+12 V 输入电压正负极对地电阻均为零。将此插件碳化部分用刀刮掉,用酒精反复擦拭后,开机测量电压正常,机器工作恢复正常。

此故障是由于操作人员操作不当,灌装墨水时将墨水灌入机内插件上,使各电极之间对地短接,引起稳压调整管击穿,熔丝烧毁。

【故障现象 3】 配置了脑地形图 BM-1118 的光电 EEG-7321 脑电图机,第 14 导记录笔不工作,无论是信号采集还是作定标均为一条直线。

【故障分析】 整机各种操作正常受控,故数字电路部分正常,采用分割法,将地形图导联信号接口去除,此时 14 导仍然不工作。由此判断 14 导不工作,不是由于地形图导联短路造成信号丢失引起的。

【故障排除】 采用面板功能压缩法检查笔开关,正常。调整零位电位器和增益电位器,记录笔无反应,将第 19 导功放板替换原 14 导功放板,故障依旧,由此判断原功放板正常,将 14 导功放记录器与相邻的 15 导对调,发现第 15 导出现故障,14 导正常。这说明此故障是 14 导描笔电机损坏,将其拆下,打开,发现电机引线部分开焊,焊牢后,重新装回机器,调整好笔压、阻尼和增益,故障排除。

【故障现象 4】 配置了脑地形图 BM-1118 的光电 EEG-7321 脑电图机地形图 F₈ 导无信号, F₇ 导定标信号出现一条水平直线。其余各导及

操作均正常。

【故障分析】 将地形图导联信号接口接好做定标采集,地形图接收正弦波 100 μV 定标信号。在 F₇ 导正弦波的零位有一条直线, F₈ 导无信号,将 F₈ 导单独取下,令其对地短路,屏幕显示 F₈ 导为一直线, F₇ 导定标信号正常。由此判断出 F₇ 导零位直线是由于 F₈ 导干扰所致。

【故障排除】 将 F₈ 的导联线插头打开,发现导联线有脱焊。焊接牢固后故障排除。

【故障现象 5】 EEG-4418K 脑电图机开机时仪器显示正常,当进入记录状态时,记录速度最初一瞬间正常,约 2 s 速度突然加快,忽而转速下降,如此反复,选择任一速度均存在上述故障。

【故障分析】 走纸速度原理方框图如图 3-13 所示。走纸速度的系统控制如下: 闭锁(封闭)与记录控制(选择)→ACCB D→CPU→读写端口(I/O)→运行控制(走纸速度传感器)→读写端口(I/O)→CPU→电机运行控制口→走纸电机。

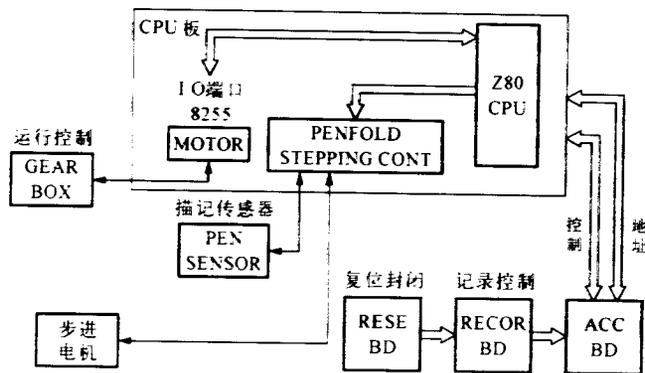


图 3-13 走纸速度原理方框图

该系统是以 Z80 为核心的微处理器形成一个类似的闭环控制。为了缩短维修时间,在实际检修中应把容易出现故障的步进电机及运行控制部件作为检修的切入点。

【故障排除】 首先测试步进电机各点电压,以确定是电机故障还是

供电异常。实测 STMCG 端电压 12 V, 供电电压基本正常, 测试 STM 1~4 点电压在 4~10 V 无规律地变化, 显然控制电压失常, 波动太大, 基本排除步进电机的故障。

在测试运行控制部分 GEARBOX 时, 发现该部件并非与步进电机同轴(运行控制元件 GEARBOXEEG-42146), 而是由 8255 端口输出与走纸电机同比例的电压来驱动一个电机(LN30-02001), 产生恒速交变磁场, 供霍尔元件(EEG42146)检拾信号, 由 IC₁₀₁ 整形后送入 CPU 作出比较, 调整走纸速度。

在运行中测试速度模拟电机 MTR 正负端稳定在 3 V 左右, 用示波器测试 IC₁₀₁ 输出端②脚的方波波形时大时小, 时而消失。IC₁₀₁ 输入端③脚正弦波形显示与②脚类似, 因此, 怀疑信号检拾功能降低, 引发上述故障。经调整霍尔感应元件 5DA-62 与电机距离后, IC₁₀₁ ②脚输出端波形趋于正常, 走纸电机速度恢复正常。

【故障现象 6】 4300G16 导脑电图机走纸电机不转, 工作电压正常而记录笔自动停止工作, 屏幕提示“None Paper”。

【故障分析】 检查记录纸完好, 工作电压正常, 测量记录纸传感器工作电压正常, 光敏二极管正常, 但电机仍不能恢复工作。

【故障排除】 怀疑国产记录纸不如进口纸白, 导致传感器感应不到记录纸信号, 输出高电平使计算机提示“None Paper”, 并自动停机。为了能够继续使用国产纸, 从进口纸上剪下一小块, 用透明胶带贴在传感器窗口上, 此时机器恢复正常。

这样会导致机器的自动检测记录纸功能丧失, 应经常注意记录纸是否用完。

【故障现象 7】 EEG-4418K 脑电图机走纸机构传动不稳, 记录笔起落开关失灵。

【故障分析】 走纸机构传动不稳一般是因为齿轮啮合不好所致。

【故障排除】 拆机检查, 发现走纸传动机构的一个加固螺钉松动, 使得走纸传动不协调。齿轮啮合较差, 传动时而脱节, 给予调整加固后走纸传动正常, 故障排除。

【故障现象 8】 EEG-4418K 脑电图机 CH-3 记录笔描记波形幅度过小而失真。

【故障分析】 根据技术资料, 该仪器各道放大器通用, 因此采用对换法, 将 CH-3 放大板与 CH-8 对调, 故障依旧。因此排除放大板的故障, 原因可能在后级电机。

【故障排除】 用替换法检查, 发现记录笔电机发生故障, 更换后仪器恢复正常。

【故障现象 9】 光电 EEG-7314F 脑电图机 16 导脑电信号波幅均很低, 几乎没有显示。

【故障分析】 根据故障现象, 定标信号正常, 说明定标之后电路工作正常。脑电信号波幅均很低, 几乎没有显示, 考虑到放大电路的多路通道不可能全部损坏, 导联线不可能全部都断或接触不良, 初步判定可能是某一公共电路部分电源工作不正常所致。

【故障排除】 打开主机机盖, 给主机加电, 查得电源板上各组电压值均正常, 进一步打开与主机相连的电极连线盒, 查找 BUFFER BOARD (缓冲板) 的几组电源, ± 12 V 正常, ± 9 V 和 ± 5 V 电压为 0, 怀疑问题可能出在缓冲板电路。

从该机的电路图可知, ± 9 V 和 ± 5 V 是由 ± 12 V 经过 Q₁₁₁、Q₁₁₂、Q₁₁₃ 和 Q₁₁₄ 等元件组成的调整电路, 通过三端稳压集成电路 IC₁₁₁、IC₁₁₂、IC₁₁₃ 和 IC₁₁₄ 获得。调整电路的工作状态是由 CPU 板发出指令信号, 经 IC₁₂₅ 和 IC₁₁₇ 传输到电极连线盒缓冲板的 JBXDLY 端来控制, 用数字万用表检测 JBXDLY 端的控制电压为 2.36 V。经对电路分析知道, 从 CPU 板 IC₁₁₇ 的③脚到缓冲板端的信号应该是一个直流控制电压, 为了进一步查清故障发生在缓冲板还是 CPU 板上, 在缓冲板上把 JBXDLY 端点的连线拆除, 接上一可调直流稳压电源(稳压电源通电前各个旋钮要调到零位), 机器接通电源, 打开稳压电源缓慢调升输出电压, 并同时用数字万用表测 ± 5 V 和 ± 9 V 的输出情况, 当稳压电源调到 4.3 V 时, ± 5 V 和 ± 9 V 正常, 调整电路工作, 说明故障发生在 CPU 板。检查 CPU 板上的 IC₁₁₇ 集成电路, 其型号为 MC14050BCP。测得 IC₁₁₇ 的④脚电压为 3.45 V, ⑩脚电压为 2.36 V, 由此判断 IC₁₁₇ 损坏, 更换后仪器恢复正常。

第三节 脑电图机的故障维修实例

实例 1 EEG-7314F 脑电图机的走纸速度控制失灵

【故障现象】 EEG-7314F 脑电图机开机以后,在 RECORD 状态时,走纸速度无论选 15 mm/s 还是 30 mm/s,均为快速记录,所记录的脑电波形无法进行诊断。

【故障分析与排除】 用配备的支架撑起机器的上盖,测量走纸电机的工作电压,不论选快挡还是选慢挡,均为直流 7 V,因此走纸速度不变,说明控制电路有问题。

由电机发出的控制线 CNJ104 连接到 ACC PANEL 板,继而查 CPU 板上。为快速分析检修,画出 EEG-7314F 电机控制原理图如图 3-14 所示。

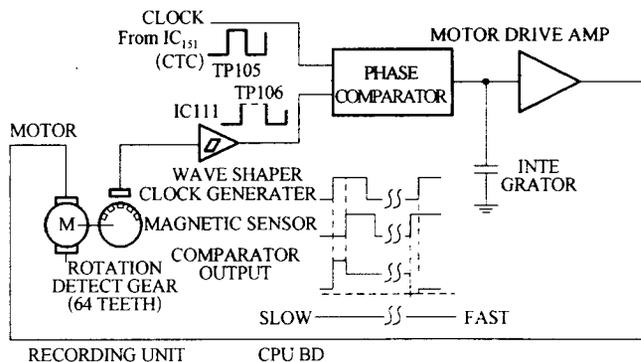


图 3-14 EEG-7314F 电机控制原理图

该电机控制电路的基本原理是由 CPU 板上芯片 IC151 (LM0082) 产生的标准脉冲信号驱动电机转动,安装在电机轴上的转速检测装置输出一个脉冲信号,通过相位比较器 IC114 与标准脉冲信号比较,其结果经积分后送到电机驱动放大电路,调节电机匀速转动,保证纸速稳定。EEG-7314F 走纸控制电路如图 3-15 所示。

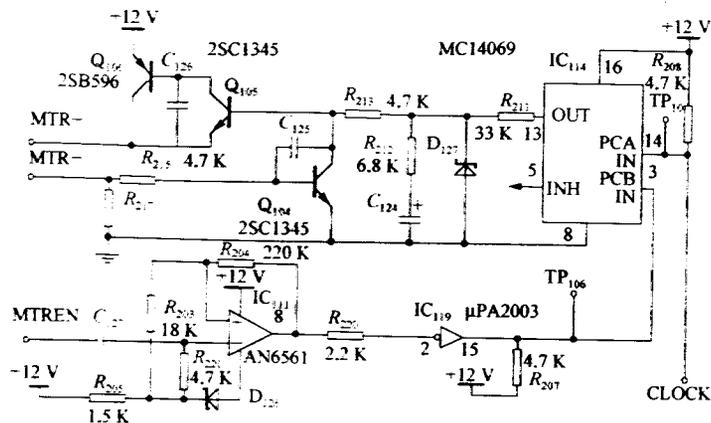


图 3-15 EEG-7314F 走纸控制电路

在功能开关置于“STOP”时,用示波器测量 CPU 板中 TP105 的波形如图 3-16 所示。

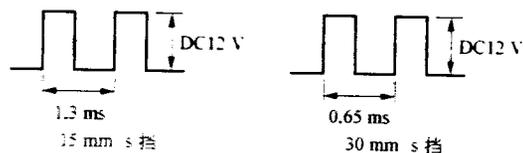


图 3-16 TP105 的波形

说明来自 CPU 板中的标准脉冲信号正确,将功能开关置于“RECORD”状态,纸速选为 15 mm/s,测得 TP105 的波形同上,而磁性传感器输出端 TP106 的信号一直为 0 电平,改变纸速,情况相同,说明测速电路有问题。因此,选“RECORD”状态,纸速为 15 mm/s,用示波器测出 IC119 的②脚, IC111 的①脚及 MTR SEN 端脉冲信号均为 0 电平,而 MTR SEN 通过母板接入 ACC PANEL 板中,经 CNJ104 连到电极接线盒,从示波器上测得测速电路的输出信号波形如图 3-17 所示。

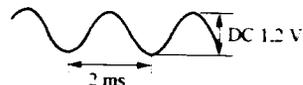


图 3-17 测速电路的输出信号波形

这说明测速电路有输出,而 CPU 板中却没有,由此可以推断,可能是接线盒到 CPU 板的连线有问题。将主机断电,查 ACC 板与主板的扁平电缆线,发现 MTR SEN 线已断开,重新焊好,开机检查,故障排除。

实例 2 ND-82B 型脑电图机的 2、3、4 导波形失真

【故障现象】 ND-82B 型脑电图机调节 2、3、4 导中其中一导放大器的增益电位器时另外两道都受影响,即波形随之升高或降低,并且在做脑电图时 2、3、4 导的波形都特别高,其他都正常。

【故障分析与排除】 根据故障现象分析,此故障为道间干扰。出现这种干扰的原因有 3 个。导联选择开关和电极与 2、3、4 导间短路;总增益开关有短路处;也可能与之有关的其他开关及连线等短路。

打开交流 220 V 电源开关,首先用自动/手动开关检查整机的标准电压,8 导标准电压都有;然后分别调各道的标准电压增益电位器,发现其他 5 导正常调节,调节 2、3、4 导中的其中任意一导增益电位器时另外两道随之变化,做脑电图发现这三道图形特别高且失真。在上述情况下,打开机壳检查机器右上导联选择开关,总增益开关和其他与之有关的开关和接线,没有发现问题;用好的放大器替换这三导放大器,故障仍然存在。将机器右下方的记录控制盖板打开,检查下边的电路元件及连线没有发现疑点;经过仔细观察 CT₅₁₁ (32) 芯插头及连线发现包裹 32 芯的扁平塑料上有点滴墨迹,沿此处直观检查没有发现插头外部有墨迹,用万用表电阻挡测量插头各条线之间的电阻时发现 2、3、4 条线是通的,证明已处于短路状态。之后用手扒开扁平塑料才看到 32 芯线上有许多墨水存留,原来这些墨水沿着塑料包裹线缝隙渗入到芯线上,并且流入插座导致三条线之间短路造成故障。打开 32 芯插头 CT₅₁₁ 和 CZ012 插座,用无水乙醇擦洗干净,随后用吹风机吹干,重新安装好插头及插座,通电试机故障排除,仪器恢复了正常工作。

实例 3 DIV-161 型脑电图机第 1 道的标准电压波形倒置

【故障现象】 开机后发现第 1 道的标准电压波形是“U”倒置的,其他 15 道的标准电压都是正方向的。将第 1 道放大器上的增益电位器调到最高挡,标准电压的波形幅度没有其他 15 道的高。

【故障分析与排除】 首先用代换法将该道放大器取出插到其他道,其他道上的标准电压是倒置的“U”,将其他道放大器取出插到该道,该道

的波形是正常的,可想而知,故障就在该道放大器。

用万用表测量放大器电源正负 12 V 电压基本正常,测输出电压和其他放大器比较分频,并从其④、⑥脚分别输出 512 Hz 和 256 Hz 脉冲信号,经 IC₂₀₅ 从⑨脚输出,加到 IC₂₁₀ 的⑩脚的基准频率输入端,分别作为走纸 50 mm/s 和 25 mm/s 的驱动信号。本机不走纸,但记录指示灯亮,说明 IC₂₀₂ 已送出记录信号,此时,记录控制开关管 Q₂₀₃ 应截止,问题可能是 IC₂₁₀ 无输出,或电机驱动电路损坏,也可能 IC₂₁₀ 的⑩脚无基准脉冲输入等原因。首先测关键点 IC₂₁₀ 的⑩脚脉冲,实测 IC₂₁₀ 的⑩脚无脉冲输入,很显然故障产生在脉冲形成电路,继而测 IC₂₀₉ 的⑩脚,有 32 kHz 脉冲输入,说明晶振和脉冲整形都正常,再测 IC₂₀₉ 的④脚、⑥脚,无 512 kHz 和 256 kHz 脉冲,判断 IC₂₀₉ 损坏。更换 IC₂₀₉,仪器恢复正常。

第四章

肌电图机的维修

第一节 肌电图机的结构组成与工作原理

一、诱发肌电图

肌肉的活动是受周围神经直接支配的,因此可以用各种方法刺激周围神经,引起神经兴奋,神经再把这种兴奋传递给终板,使肌肉收缩,产生动作电位,可以测定神经的传导速度和各种反射以及神经兴奋性和肌肉的兴奋反应,临床上常用运动神经传导速度(MCV)、感觉神经传导速度(SCV)、F波(FWV)、H反射(H-R)、连续电刺激(也称重复电刺激(RS)),这些测定从广义上说,都可称为诱发肌电图,也称为神经电图(ENG)。诱发肌电图在了解周围神经肌肉装置的机能状态,了解脊髓、脑干、大脑中枢的机能状态以及诊断周围神经疾病和中枢疾病上具有重要意义。

1. 运动神经传导速度(MCV)

(1) 运动神经传导速度的检查

神经传导速度是研究神经在传递冲动过程中的生物电活动。利用一定强度和形态(矩形)的脉冲电刺激神经干,在该神经支配的肌肉上,用同心针电极或皮肤电极记录所诱发的动作电位(M波),然后根据刺激点与记录电极之间的距离、发生肌收缩反应与脉冲刺激后间隔的潜伏时间来推算在该段距离内运动神经的传导速度,这是一个比较客观的定量检查神经功能的方法。神经冲动按一定方向传导,感觉神经将兴奋传向中枢,即向心传导,而运动神经则将兴奋传向远端肌肉,即离心传导。

(2) 运动神经传导速度的测定

某运动神经把在近端受刺激的冲动传向远端,使受控肌肉产生诱发电位所需的时间叫做潜伏期,以 ms 表示。

分别在某一运动神经的两个部分施加刺激,在同一肌肉引出诱发电位,可得两个潜伏期数值,这两值之差叫做两刺激点之间的神经传导时间,以 ms 表示。

正中神经肘腕节的传导测定图如图 4-1 所示。其中 T_1 代表刺激 A 点时的潜伏期, T_2 代表刺激 B 点时的潜伏期, BA 段正中神经的传导时间为 $T_2 - T_1$ 。测量 A、B 两刺激点之间体表距离 L ,以 mm 表示,该运动神经传导速度等于两刺激点间的体表距离除以两点间的传导时间。

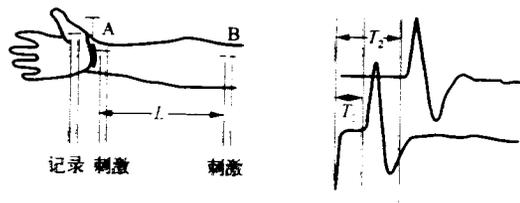


图 4-1 正中神经肘腕节的传导速度测定图

$$MCV = \frac{L}{T_2 - T_1} \text{ (m/s)}$$

2. 感觉神经传导速度(SCV)

由于周围神经干是混合神经,包括有直径不同、传导速度不同和机能不同(运动、感觉和植物神经)的纤维,一般测定运动神经 CV 时,又是测定神经干中传导最快的运动纤维的 CV,因此只有当快传导纤维损伤时才有 CV 的改变。如果受损部位局限在远端末梢部,测定 CV 可以正常,因而掩盖病变的存在。临床发现,周围神经病变的早期,病人主诉只有感觉的障碍,而无运动的障碍和肌萎缩,这时测定感觉神经 CV 便具有重要诊断意义。

测定感觉神经传导速度有两种方法:顺行法和逆行法或称为正流法和反流法。以正中神经为例说明。

(1) 顺流法

将指环状电极套在食指上作为刺激电极,并在神经干一点或两点上记录

神经的诱发电位。用此法测得的感觉神经的电位比较小,一般不易测得,常需用叠加法才能得到。正中神经感觉传导速度顺流法测定图如图 4-2 所示。

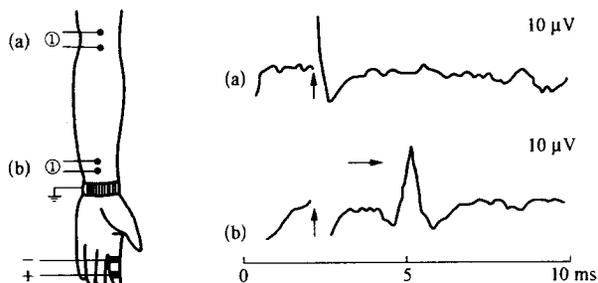


图 4-2 正中神经感觉传导速度顺流法测定图

(2) 逆流法

电极安放同顺流法,但以神经干上的两对电极作为刺激电极,而以食指或小指上的环状电极作为记录电极。用此法测得的感觉神经的电位较高,一般容易得到。

在这里需要说明的是,测定运动神经传导速度时,是记录肌肉的活动电位;测定感觉神经传导速度时,是记录神经的活动电位。两者相比,神经活动电位比肌肉活动电位小得多,直接引入放大器进行测定比较困难,一般采用叠加方法来测定。

3. H 反射(H-R)

电刺激外周神经干时,在肌电波出现诱发 M 波之后可出现 H 波,该波为反射波,为刺激感觉神经后通过脊髓引起的单突触反射的肌电波。M 波之后的 H 波为检查脊髓前角细胞兴奋的重要指标,H 反射测定示意图如图 4-3 所示。

电刺激胫后神经引起其支配的腓肠肌、比目鱼肌的诱发电位称为 M 波,它是直接刺激运动神经纤维的反应。在此反应后,经过一定的潜伏期又出现第二个诱发电位,是刺激感觉神经,冲动进入脊髓后产生的反射性肌肉收缩,该反射因由 Hoffmann(1918)氏首先报道,故称 H 反射。它是一个低阈值反射,即当用弱电流刺激胫后神经时,首先出现 H 波,而无 M

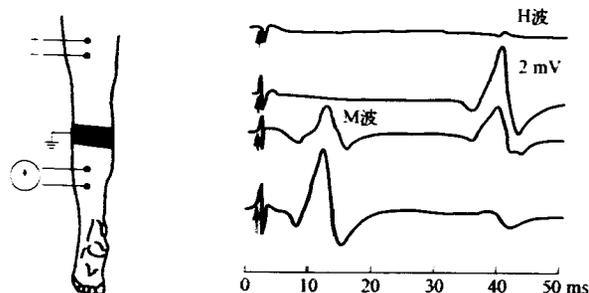


图 4-3 H 反射测定示意图

波,随着刺激的逐渐增强,H 波振幅逐渐增大,达一定水平,再增加刺激强度时,H 波便逐渐减小,而 M 波则逐渐增大,达到最强刺激时 M 波幅为最大,而 H 波消失。

主要指标有:

- ① H 反射潜伏期 从刺激开始到 H 反射出现的时间,单位 ms。
 - ② H 波最大振幅与 M 波最大振幅之比值 正常应大于 1。
4. F 反射(FWV)

腕部刺激正中神经诱发的 F 波如图 4-4 所示,这是一种多突触脊髓反射。用弱电流刺激周围神经干时,常见在肘部或腕部用脉冲电刺激尺神经或正中神经导出所支配肌的诱发动作电位 M 波,约经 20~30 ms 的潜伏期,又可出现第二个较 M 波小的诱发电位,称 F 波。切断脊髓后根仍有 F 波,所以它是由电刺激运动神经纤维产生的逆行冲动到达脊髓所引起的一种反射。在神经干远端点刺激时,诱发的 M 波的潜伏期比近端点刺激诱发的 M 波短, F 波的潜伏期延长。F 波的波幅不随刺激强度改变而改变,但过强刺激时, F 波消失。

5. 重复电刺激(RS)

当有神经肌肉疾患时,用不同频率的电脉冲重复刺激周围神经并记录肌肉的动作电位,是最常用的方法。重复电刺激健康人的周围神经干时,随刺激频率的不同肌电反应有一定的规律性。低频刺激,诱发肌动作电位的振幅不衰减。用每秒 20 次以下频率刺激神经干,短时间不发生疲劳现象。而重症肌无力症患者,用每秒 10 次以下的频率连续刺激,则诱

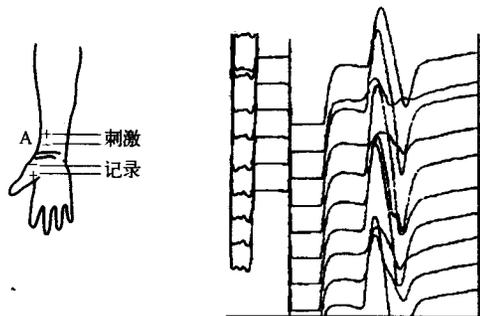


图 4-4 腕部刺激正中神经诱发的 F 波

发肌肉的动作电位会进行性衰减。

二、肌电图机的结构组成与工作原理

本节以 Keypoint 肌电诱发电位仪的结构组成与工作原理为例,介绍

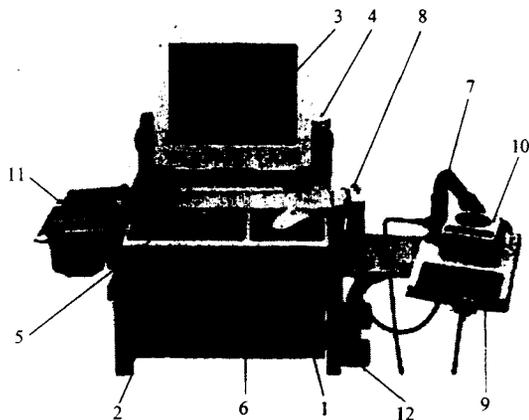


图 4-5 Keypoint 肌电诱发电位仪的外形图

- 1—计算机;2—电源开关;3—显示器;4—扬声器;
- 5—专用键盘;6—PC 键盘;7—电极臂;8—电流刺激器;
- 9—电极盒;10—EP Headbox(选配);
- 11—容器;12—小车

肌电图机的结构组成与工作原理。

1. 系统方框图

Keypoint 肌电诱发电位仪的外形图如图 4-5 所示, Keypoint 肌电诱发电位仪的主要部件及连线图如图 4-6 所示, Keypoint 肌电诱发电位仪的系统方框图如图 4-7 所示。从图中可以看出,系统主要由放大器盒、PCI 前端板、专用键盘组件及计算机系统组件组成。

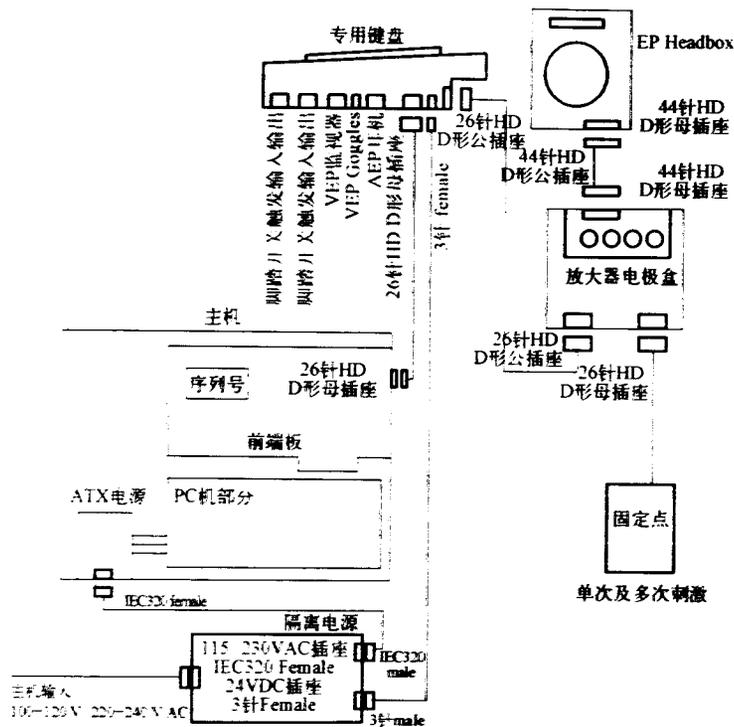


图 4-6 Keypoint 肌电诱发电位仪的主要部件及连线图

2. 放大器盒(2、4、8 通道)

该部分位于图 4-7 方框图左下角,放大器盒中有与病人相关电路。

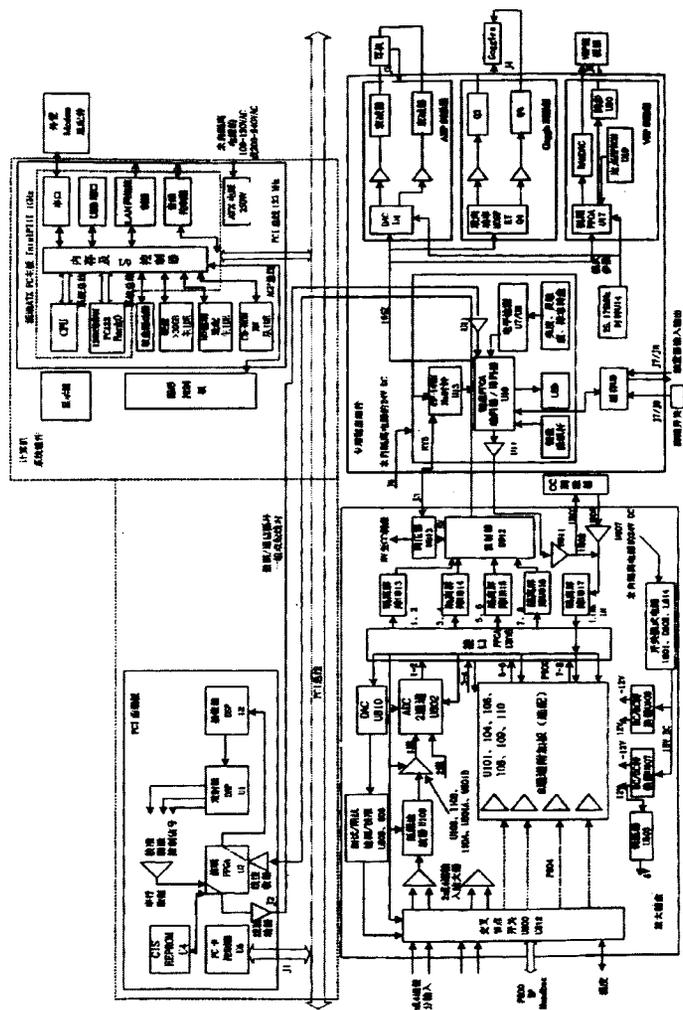


图 4-7 Keypoint 肌电诱发电位仪系统方框图

病人直接连接到放大器盒输入端或通过 EP HeadBox 连接到放大器盒输入端,输入端有一个交叉节点开关,由微机和 Keypoint 软件控制,直接将输入信号送到特定的放大器通道。

系统方框图只画出了通道 1,其他通道与通道 1 完全相同。在八通道仪器上安装了一个 8 通道附加板,这块板包括 4 个与已经安装的通道完全相同的额外的放大器通道。

目前,已推出了三种放大器数目的机型: 2 通道、4 通道和 8 通道,将 2 通道、4 通道升级到更高的通道数是不可能的,除非改变整个放大器盒。

这里只介绍通道 1,输入信号需要通过交叉节点开关,经过输入放大器初步放大以后,信号送到低频滤波器进行滤波,滤波器由用户通过 Keypoint 软件应用程序预先设置。随后信号通过一系列放大器进一步放大,总的放大倍数由用户应用程序设置。

交叉节点开关、放大器以及滤波器的控制信号在接口 FPGA 处从数据通信循环中提取。

其余通道与通道 1 完全相同,通道 1 和通道 2 输出的信号送到模数转换器 ADC,ADC 将两个通道的信号转换成为数字信号。转换得到的数字信号通过 FPGA 接口送到一个隔离屏障,从这里信号被送到发射器,通过电极臂电缆从放大器盒输出。

数据通信循环来自于专用键盘组件的键盘 FPGA 编码器。如果安装有恒流电刺激器(CC 刺激器),则控制数据总是首先送到 CC 刺激器,否则循环被旁路至隔离屏障,然后从隔离屏障送到接口 FPGA,在这里提取控制数据。

在接口 FPGA 处,由 ADC 转换为数字信号的病人信号数据被插入数据通信循环,通过隔离屏障以后由发射器通过铜制双绞线对发射出去,一个双绞线对携带两个通道的信号数据,因此 8 通道仪器最多使用 4 根双绞线。

来自于手推车底部的 24VDC 隔离电源通过专用键盘组件和接口电缆 J3 为放大器盒中的与病人部分相关电路提供电源。电源电路在图的下部。

数据通信循环主要为系统各个模块和部分携带控制信号,提取各个部分或模块的状态和命令信号,携带来自病人的信号数据。从一个部分到达另一个部分通信时一般采用铜制双绞线,只有当输出至 CC 刺激器

时采用光纤。

循环从 PCI 前端板开始,在一个双绞线对上运行。循环另一端连接到专用键盘组件的键盘 FPGA 编码器—译码器上,循环在该模块中的功能上面已经介绍过了。

值得一提的是循环总是首先通过 U911 到达 CC 刺激器,如果没有安装 CC 刺激器,该循环会通过 U902(图中的点划线)旁路到隔离屏障 U917。

数据/通信循环在专用键盘组件中有以下主要作用。

当离开放大器盒中的与病人部分相关电路以后,循环最多可分为 4 个双绞线对,这 4 个双绞线对沿着电极臂分布,如果没有电极臂,则集中在一根更长的电缆中。每对双绞线携带 2 个通道的信号数据及控制、状态信号,循环通过专用键盘组件,最后到达 PCI 前端板。

在 PCI 前端板上,通过 PCI 总线与计算机组件进行通信。因此数据通信循环在 PCI 前端板处结束。

3. PCI 前端板

PCI 前端板是计算机组件与系统其余部分之间的接口。

PC 卡控制器在 PCI 总线和 PC 卡的功能之间形成一个桥梁,PC 卡功能在前端 FPGA、发射器 DSP 以及接收器 DSP 处完成。

PCI 前端板插入计算机组件的一个 PCI 插槽中。

发射器 DSP 产生数据用以校准、刺激及其他控制信号,这些信号在前端 FPGA 处插入数据/通信循环。

数据通过线接收器接受,然后通过前端 FPGA 进行多路复用,接着送到接收器 DSP,接收的数据代表从病人身上获得的信号、专用键盘及脚踏开关的状态、外部输入的触发以及其他控制数据。

这些数据通过 PCI 前端板的 PC 卡控制器及 PCI 总线送到微机。

4. 专用键盘组件

专用键盘组件不仅具有键盘功能,而且包含了 AEP 刺激器、VEP 刺激器及 Goggle 刺激器的全部硬件,另外还有脚踏开关和外部触发输入输出的插口和缓存。

数据/通信循环中的数据从 PCI 前端板接收,与专用键盘相关的信息通过键盘 FPGA 编码器/译码器从循环中提取或插入循环。键盘按键、操纵杆、亮度、灵敏度/标志转盘以及 LED 都被连接到键盘 FPGA 编码器/

译码器,在这里对这些模块的数据进行插入或提取。

AEP 刺激器、VEP 刺激器、Goggle 刺激器从键盘 FPGA 编码器译码器接受控制信号,这些控制信号从数据/通信循环中被提取出来用以控制刺激器的功能。

耳机还能够将存储在耳机插头中的校准数据送回到数据/通信循环。

5. 计算机系统组件

计算机系统组件的微机平台围绕一个活动的 ATX PC 主板构建,该主板集成有音频控制器、LAN 网络控制器、USB 端口等等。系统框图中的一个芯片集——内存控制器和 I/O 控制器将微机平台与外围微机单元连接起来,Keypoint 没有使用主板上的图形控制器,而是使用安装在主板 AGP 总线上的一个分离的图形控制板。

主板有 AGP 和 PCI 插槽,PCI 前端板就安装在 PCI 总线插槽中。

计算机系统的 CPU 至少为 Intel Pentium III 1 GHz 微处理器,配备标准的 PC 133 MHz 总线,Bank0 上安装了 128 MB 的 SDRAM 内存。

标准的外围设备有: 3 $\frac{1}{2}$ 软盘驱动器、至少 30 GB 硬盘连接至主 IDE 端口作为主硬盘、CD-ROM 读/写驱动器连接至 IDE 端口,MO 驱动器和 Modem 是选配件,未列入标准配置。

计算机系统组件由标准的 250 W PC ATX 兼容电源供电,ATX 电源的输入来自安装在小车底部的隔离电源。

(1) 现场可编程门阵列(Field Programmable Gate Array, FPGA)

FPGA 是一种可编程的设备,所谓可编程设备是一类通用的芯片,能够根据不同的应用程序要求进行配置。第一种得到广泛应用的可编程设备是可编程只读存储器 PROM。现场可编程 PROM 有两种类型:紫外线可擦可编程的只读存储器 EPROM 和电可擦可编程只读存储器 EEPROM。FPGA 是可编程设备领域最新的技术进展。

可编程设备的另一种技术是可编程逻辑器件 PLD。

可编程阵列逻辑 PAL 是一种广泛应用的 PLD,由一个可编程的与平面加上一个固定的或平面组成。

掩膜可编程门阵列 MPGA 主要用于处理数量较大的大规模逻辑电路。

AGP 是图形加速端口的缩写,图形接口技术是一种新的平台总线规范,拥有高性能的图形处理能力。

(2) PCI 总线

在 PCI 总线体系结构成为 I/O 系统的主流配置之前, EISA 和 ISA 是最常用的总线类型。对于 EISA 和 ISA 总线上的设备, 如果要和 CPU 或主机通信, 首先要经过一个扩展桥、存储器总线、总线缓冲器以及 CPU 局部总线, 这将会大大延长处理 I/O 和数据请求的时间。

虽然当总线忙时通过缓存器存储信号可以解决 EISA 和 ISA 延时的问題, 但是有一些问题依然存在, 包括如果多个外围设备需要同时使用 CPU 局部总线时的处理方法。

第二节 肌电图机的故障维修

一、常规肌电图检查方法

肌电图是反映肌肉—神经系统的生物电活动的波形图。从肌细胞外用电极导出肌肉运动单位的动作电位, 并送入肌电图加以记录, 便可获得肌电图。其振幅为 20~50 μV , 频率范围为 20~5 000 Hz。

临床肌电图检查的三态, 是指骨骼肌松弛状态, 骨骼肌轻度及用力收缩状态与被动牵张状态的肌电图。

1. 插入电位

是指电极插入、移动和叩击时, 电极针尖对肌纤维的机械刺激所诱发之动作电位。正常肌肉此瞬间放电持续约 100 ms, 不超过 1 s, 转为静息电位。

2. 静息电位

当电极插入完全松弛状态下的肌肉内时, 电极下的肌纤维无动作电位出现, 荧光屏上表现为一条直线。

3. 运动单位电位 (MUP)

正常运动单位电位有以下特征。

(1) 波形

分段正常肌肉的动作电位, 用单极同心针电极引导, 由离开基线偏转的位相来决定, 根据偏转次数的多少分为单相、双相、三相、四相或多相。一般单相、双相或三相多见; 双相、三相者约占 80%; 达四相者在 10% 以内; 五相者极少; 五相以上者定为病理或异常多相电位, 波形相位图如

图 4-8 所示。

(2) 时程 (时限)

指运动单位电位从离开基线的偏转起, 到返回基线所经历的时间。运动单位电位时程变动范围较大, 一般在 3~15 ms 范围。运动单位时限的测量如图 4-9 所示。



图 4-8 波形相位图



图 4-9 运动单位时限的测量

(3) 电压

正常肌肉运动单位电压是亚运动肌纤维兴奋时动作电位的综合电位, 是正、负波最高偏转点的差。一般为 100~2 000 μV , 最高电压不超过 5 mV。运动单位电压的测量如图 4-10 所示。

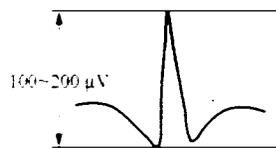


图 4-10 运动单位电压的测量

正常肌肉的运动电位波形, 电压及时程变异较大, 原因是不同肌肉或同一肌肉的不同点运动单位的神经支配比例不同, 年龄差异, 记录电极的位置都是影响变异的因素。因此若要确定上述参数的平均值, 应在一块肌肉几个点做多次检查, 因此细心检查是非常必要的。以前的仪器由医生人工寻找 MUP, 是费力费时的工作。目前, 很多新型的肌电图机具有自动寻找 MUP 的功能。

4. 被动牵动时的肌电变化
肌肉放松时使关节被动运动, 观察运动单位电位出现的数量, 了解肌张力亢进状况。

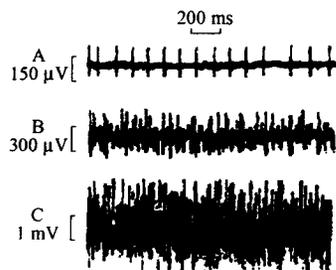
4. 被动牵动时的肌电变化

肌肉放松时使关节被动运动, 观察运动单位电位出现的数量, 了解肌张力亢进状况。

5. 不同程度随意收缩时肌电相

骨骼肌在轻度、中度或最大用力收缩时, 参加活动的运动单位增多。正常肌肉不同程度收缩时的肌电波形如图 4-11 所示。包括单纯相、混

合相和干扰相。



A 单纯相 B 混合相 C 干扰相

图 4-11 正常肌肉不同程度收缩时的肌电波形

以上为通常临床肌电检查常规。有时为了定位诊断,需要检查肌肉数量较多,或对肌肉不同部位多次插针检查,对以上检查除目测和通过喇叭听肌音外,可在必要时照相、录音或直接描记。现代肌电图机通常具有先进的计算机系统,用计算机对结果进行处理,并通过打印机或绘图机给出波形及计算结果,也可以把波形存入磁盘中,以便以后分析时再调出来。

二、肌电图机的常见故障维修

本节以肌电图机常见故障现象为例,介绍其故障排除方法。

【故障现象 1】 一台成都永升公司研制的 YS 型肌电图电脑分析系统开机无肌电信号,无刺激脉冲。

【故障分析】 刺激器导联线或脉冲刺激器有故障。

【故障排除】 打开脉冲刺激器,测得脉冲印刷板电源 12 V 正常,考虑单稳态电路中有故障,测得 EDK4B 对地短路,换同型号晶体三极管,装机试机,故障排除,仪器工作正常。

【故障现象 2】 一台成都永升公司研制的 YS 型肌电图电脑分析系统开机无肌电信号,有刺激脉冲。

【故障分析】 开机无肌电信号,有刺激脉冲,故障部位应在前置放大器上。

【故障排除】 打开前置放大器,首先检查电源部分,查得电源部分有输入,无输出。检修电源电路,查得滤波电容严重漏电,更换电容,装机试机仍无输出。继续检查电源,在输出插接脚处有虚焊两处,重新焊接后,装机试机正常。

【故障现象 3】 Neuromatic 2000 型肌电图机开机后屏幕出现无规则波形。无正常菜单提示,所有功能均无法执行。

【故障分析】 该机中心部分包括 CPU 板、放大器板、AD 转换板、输入显示板等共 5 块。初步检查电源部分所有输出量正常;当断开刺激器及外围负责信号采集处理的部分,仅留下 CPU 板及字符板后,开机,未能显示正常字符。由此暂定位故障于 CPU 板。

【故障排除】 CPU 板以 8085 为中心,具有 40 K×8 位的 EPROM (用做程序存储器)、6 K×8 位的 RAM(用做数据存储器)、1 K×1 位的 EAROM(用做附加数据存储器);外围芯片包括 8259A(可编程中断控制器)、8253-5(可编程计数器)、8279(键盘、显示控制器)及 8237(可编程 DMA 控制器)。据其结构参考说明书,对较容易测量的参数进一步检查发现:CPU 板工作电源正常,系统 6 MHz 晶振工作正常,8253 计数器 1、1、2 输入正常,但输出中,无频率为 11.1 Hz 的时钟信号(作为 8259 A 一路中断申请, TIM0)。

更换计数器 8253, TIM0 出现,屏幕显示成为一缺字符的菜单,所有功能仍无法执行。采取排除法,以 IC 测量仪检测所有 74 系列易更换的集成块(有插座),用在线测量仪检测所有 74 系列不易更换的集成块,正常。故障范围缩小至 8085、8259 等主芯片。详细检查 8085 外周:复位信号 RESET 有, RD、WR、AEN 等有动作,更换 8085,仍无改进。

回想检修过程,感觉除非电路板损坏,其他硬件损坏的可能性较小,Neuromatic 2000 虽然未附软件清单,但 8085 系统的结构决定了其开机后必经历引导过程,且此过程及其后紧跟的部分一定会对系统进行初始化及一般检查,联系故障现象,这一过程中发生问题的可能性较大,经仔细观察发现:开机状态时,用硬件复位的办法,能在 8085 复位瞬间观察到完整菜单(使用总开关开机时,由于显示器的延时,观察不到完整菜单)。这一现象说明整机在上电瞬间功能完好,因此判断软件程序在初始化过程中陷入死循环的可能性极大。

清理全部 EPROM、RAM、EAPROM 焊点和插座,对 EAPROM(存储系统重要参数)重作初始化后,整机功能恢复正常。

【故障现象 4】 Neuromatic 2000 型肌电图机刺激器不工作。

【故障分析】 刺激发生器部分分为控制板及发生器,初步检查发现,发生器中缺少一路-15V 电源及前端输入信号。修复发生器后,集中检查控制板,发现控制板有刺激脉冲产生,但无输出量,亦无串行输出及其同步信号。反复观察感觉控制器处于关闭状态。分析电路,输出量可由电源反馈信号阻断。再次检查电源部分,发现信号 ACLOW 由原来的高电平变为低电平。此信号是由一比较电路产生,经一片 74LS14 三次取非。作为整机电源状况标志。在控制板上,ACLOW 仅屏蔽了输出量但对于整个系统而言,其低电平表现的是电源掉电的状态。在此情况下,软件控制关闭了刺激器(所以不但无输出量,也没有串行输出及其同步信号),这是为了避免对人体的误刺激而设置的安全性措施。但由于系统电源实际仍处于正常态,系统仍在运转,安全性措施反而表现为刺激器的故障。

【故障排除】 检测发现 ACLOW 的错误是由于 74LS14 损坏造成的,更换 74LS14 后故障排除,刺激器功能恢复。

【故障现象 5】 丹麦迪沙公司生产的 DISA1500 型肌电图机在 DIRECT 和 STEP 方式下两条波形显示正常,在 STORE 和 AVERAGE 方式下 CRT 第一条波形显示正常,第二条波形显示严重失真幅度过大。

【故障分析】 肌电图机在不同显示方式下由微机控制硬件进行不同组合,完成信号显示。在 DIRST 方式下,两路信号通过各前置放大器 15C01 后直接送 CRT 显示。在 STEP 方式下,信号通过第一道前置放大器后,再经 A/D 转换器 ADC82(P11 板 IC14)变换后存入存储器供 CRT 显示,而 CRT 两条扫描线交替连接显示输入信号。在 STORE 方式下,两路信号独立传送到 CRT,第一路经前置放大器 1、A/D 转换器 IC14(P11 板)、存储器再到 CRT,第二路经前置放大器 2、A/D 转换器 IC16(P11 板)、存储器再到 CRT。AVERAGING 显示方式与 STORE 方式类似,但信号各自通过存储器后经混合运算处理再分两路到 CRT 显示。根据故障现象判断,故障是出在第二路通道中。

【故障排除】 用不同定标幅度验证不同的控制方式,结果符合信号

流程,从而判断方式控制电路工作正常。检查系统电源+5V 正常,从而排除电源引起的故障。试将两块前级放大器对调,故障现象不变,证明前置放大器无故障。但是,将 A/D 转换器 IC10 与 IC14 对调时,故障现象变为 CRT 第一条波形异常,这与理论分析相符,说明原 ADC82(P11 板 IC10)坏。更换一块新 ADC82 后,故障排除,仪器工作正常。

【故障现象 6】 丹麦迪沙公司生产的 DISA1500 型肌电图机开机后,显示屏上出现光栅并伴有 4 条扫描线,将平均器(EMG Processor)上开关置于 STEP(实时显示)位,4 通道均有定标电压方波显示,开关置于 STORE(平均值显示)位,方波消失。

【故障分析】 从上述现象分析,前置放大器产生的定标信号直接加入扫描电路,图像显示正常,而信号经过 EMG、Processor 分析、存储、计算后却丢失了,说明 EMG、Processor 有故障。

【故障排除】 该机 EMG、Processor 部分共有 11 块线路板,用示波器和万用表分别检测电源电压及各板输入和输出信号。当检查到随机存取存储器输出板时,发现输入端四格 DACS 信号正常而输出端无信号,见图 4-12 所示。用万用表测 5V 电源为 4.9V,正常。

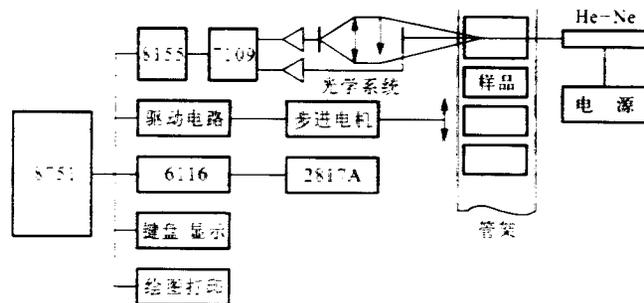


图 4-12 电路方框图

由于该机没有维修延伸板,故直接用示波器观察 74LS138 译码器输出端,无波形,根据经验判断前级 D 触发器两块集成电路同时出故障的可能性较小,直接换上 74LS138,仍无输出波形,为避免维修中再走弯路,仔细分析此线路前后的逻辑关系后,将线路板取出,分别在 4 路 D 触发器的

输出端焊好导线,开机后用示波器依次观察各路波形,发现按动 STORE 开关的瞬间,有波形输出,随后消失,考虑此板集成块采用双面板直接焊接,故先换其中一块 IC2B,开机后 DACS2、4 路信号恢复正常,而 DACS1、3 信号仍无,再更换新的 IC27(74LS74)后,4 路波形正常。

通过此次故障排除有以下两点体会:维修类似逻辑电路用示波器查找故障比较直观且不易走弯路,首先要熟悉所检查的集成块本身及相互间的电路原理、逻辑关系;该机 EMG Processor 故障率较高,以往曾遇到单路无输出的故障(因 138 译码器损坏),此次先以经验判断同样的故障,走了弯路。所以正如前面提到的,在没有维修延伸板的情况下,需要耐心地焊好连线、逐级观察波形,虽然表面上维修速度慢一些,实际一找到突破口,故障即迎刃而解,避免了重复检测的周折。

【故障现象 7】 丹麦迪沙公司生产的 DISA1500 型肌电图机开机后,显示屏亮度逐渐增大,不能调小,X、Y 轴扫描线变短。

【故障分析】 从上述现象分析,该故障可能来自亮度通道与高压电路两个方面,首先检查亮度电压控制系统,(该系统产生的亮度信号加至显像管①脚与②脚阴一栅极之间,并可通过调整前面板上的旋钮来改变显像管的光栅亮度),打开机器后盖,测显像管①、②脚间电压为-60 V,调亮度控制电位器,该电压从 0 V 到-80 V 之间变化,光栅也有微弱改变,说明亮度电压控制系统正常,而显示屏亮度增大与亮度通道无关。

【故障排除】 检查高压电路板,高压电路为脉冲调宽式自举电路,整个高压产生与控制系统为一闭环回路,由 Q2、Q3、Q4 组成高压振荡器,所产生的振荡信号送至 Q5 后组成行输出电路,经高压变换器输出一 1 400 V 高压至显像管栅极,而输出端的电压变化量经 R26、R27 电阻反馈到环路的输入端,通过 LM301A 运算放大器起控制振荡器的脉冲宽度,以达到自动调整高压的目的。

通电后,测 C10 电容两端电压高达-2 000 V,测 IC1⑥脚电压为+5 V(正常波动应为-1~-8 V)。F007 调整 R1,该电压仍为-5~+3 V,推测 IC1 损坏,经查找资料,决定用性能与 LM301A 相似的国产运放集成块 F007 代换。代换后开机测量,故障现象依旧,反复监测、分析该电路原理,发现调整 R1 电位器 LM301A⑥脚电压有变化,虽然输出电压值偏高,但说明运算放大器跟踪能力正常,只是范围偏移,将分压电阻 R2

由原来的 232 kΩ 换成 470 kΩ 电位器,加电后慢慢调整,使阻值逐渐增大,测-2 000 V 高压逐渐降低,当电压值为-1 400 V 时,光栅恢复正常,测电位器阻值为 400 kΩ,将电位器换成 420 kΩ 电阻,光栅亮度适中,调整前面板亮度电位器,IC1⑥脚输出电压在-0.5~0.8 V 之间变化,输出高压趋于稳定。

【故障现象 8】 丹麦丹迪公司 NEUROMATIC 2000M/C 型肌电图机开机后,显示正常,肌电、视觉、听觉诱发电位工作正常,脉冲刺激没有。

【故障分析】 NEUROMATIC 2000M/C 肌电图是带有微处理装置的先进的肌电图机,电路原理方框图如图 4-13 所示。

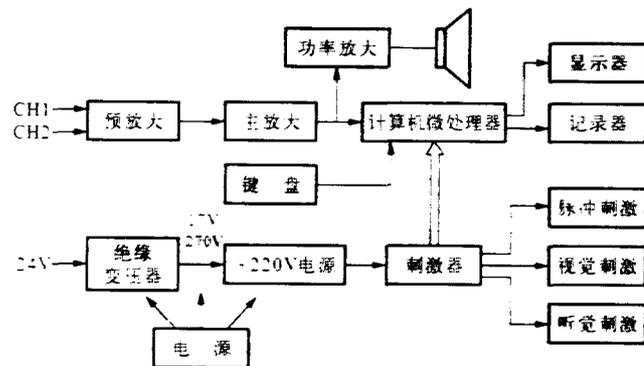


图 4-13 电路原理方框图

由图及故障现象分析可知:肌电、视觉和听觉诱发电位工作正常可推测视觉刺激和听觉刺激电路工作正常,且脉冲刺激、视觉刺激和听觉刺激电路的公共部分亦应正常。故障可能出在脉冲刺激电路本身,或者其外围电路。此外,亦可能是刺激器电路的输出触发脉冲未能使脉冲刺激电路正常工作。

【故障排除】 检查脉冲刺激电路与刺激器电路,刺激器电路输出端输出正常,故刺激器电路工作正常。检查脉冲刺激电路输出级,发现无刺激脉冲输出。检查-320 V 电源电路输出,无-320 V 电压输出。

检查绝缘变压器次级输出无交流 17 V 和交流 270 V 输出,测量其

初级有交流 24 V 输入,说明绝缘变压器次级出现故障。用万用表电阻挡测量次级电阻呈无穷大,说明次级变压器断路。拆下变压器向丹迪公司技术服务部购置相同型号变压器更换上,脉冲刺激电路输出恢复正常。

【故障现象 9】 JD-2 型肌电图机加入肌电信号无示波显示。

【故障分析】 将扫描触发钮放在“内”,开大辉度,仍无扫描线,但可看到电子管灯丝均亮。因关机的瞬间也无亮点,可考虑与高压变换电路有关。由电路图分析,示波管高压是由双管推挽式自激振荡电路产生。

【故障排除】 修时测高压嘴只有几伏电压,与正常值 1 200 V 相比实际是没有高压。检查 15 V 电源达 17 V,从示波管下边屏蔽盒里断开高压包,测量高压包不通,从卸掉的高压包表面看有凹坑缺陷,可能是加注环氧树脂时不匀留下的,加之电源偏高而烧坏。换上新的高压包,并调节取样电位器,使电源降为 15 V,装好后开机,出现高压,有亮的扫描线,说明故障已排除。

第三节 肌电图机的故障维修实例

JD-3 型肌电图机刚开机时,仪器工作正常。开机预热 10 min 后,增益选择开关拨至 50~10 000 $\mu\text{V}/\text{D}$ 范围内各挡位,无论是双踪还是单踪 A 显示方式,上线 Y 轴 A 扫描线均偏离屏幕。调上线轴 A 移位反应。此时若在前置放大器 A 输入端施加感应信号,也无监听音频信号输出。但增益选择开关置 5~20 $\mu\text{V}/\text{D}$ 挡位时,仪器又可恢复正常工作,同时 B 通道始终正常。

根据故障现象和整机工作原理分析,增益在 50 $\mu\text{V}/\text{D}$ 以下时,X 扫描线正常,所以估计故障不在 X 扫描电路,可能与增益有直接关系的 A 前置放大器和 A 主放大器有关。

为了判断是 A 前置放大器还是 A 主放大器的故障,可采用如下方法来鉴别。

旋掉前置放大器输出插座 12CZ₂,把 A、B 前置放大器输出端对调,即③脚与⑤脚对调,⑥脚与⑨脚对调,然后开机试验。发现 A 通道故障

依旧,而 B 通道仍然正常。通过以上试验,判定 A、B 前置放大器正常,B 主放大器也正常,故障一定发生在 A 主放大器电路上。主放大器部分电路如图 4-14 所示。

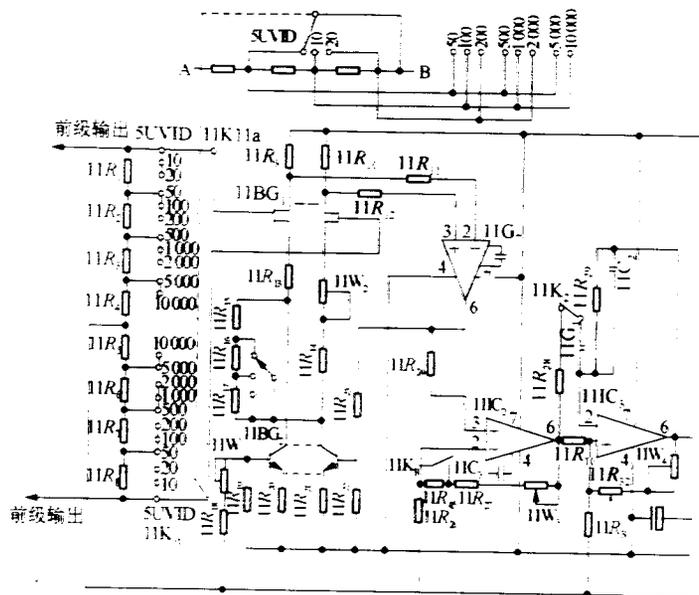


图 4-14 主放大器部分电路

首先检测与增益有直接关系的增益波段开关 11K₁ 和分压电路 11R₁~11R₂。经检测各挡分压电阻值正常,11K₁ 各触点接触良好。然后再检测译码电路 11C₁。测量结果与真值表进行比较,译码数据相同。说明故障不是由于增益选择及其控制电路造成的。运算放大器 11C₁ 数据见表 4-1 所列。

先将测量开关置“短路”挡位,增益置 5~20 $\mu\text{V}/\text{D}$ 挡位,测量主放大器的运算放大器 11C₁ 第②脚输出为 0 电平,说明主放大器此时的静态输出平衡。当增益置 50~1 000 $\mu\text{V}/\text{D}$ 各挡时,运算放大器 11C₁ 输出严重失调。逐级向前测量,发现 11BG₁ 和 11C₁~11C₂ 都不平衡,调节电位器

表 4-1 运算放大器 131C₁ 数据

$\mu\text{V}/\text{DIV}$	DCBA	H	$\mu\text{V}/\text{DIV}$	DCBA	H
5	0000	00H	500	0110	06H
10	0001	01H	1000	0111	07H
20	0010	02H	2000	1000	08H
50	0011	03H	5000	1001	09H
100	0100	04H	10000	1010	0AH
200	0101	05H			

11W₁~11W₄, 仍不能使各放大器恢复平衡状态。这时显然主放大器失调, 是第一级差动放大器 11BG₁ 不平衡引起的。

11BG₁ 不平衡可由两种原因引起: 一是 11BG₁ 性能不良, 性能参数不匹配; 二是静态工作点和负反馈电压发生变化。由于 11BG₁ 和 11IC₁ 之间是直接耦合, 直流工作点相互影响, 为了判别是上述哪一种原因, 采用了断开负反馈网络的方法。即把电阻 11R₁₁、11R₁₂ 短路, 短接恢复平衡状态。这时可知主放大器输出失调, 是第一级差动放大器 11BG₁ 不平衡引起的。短路 11IC₁ 的输入端②脚和③脚, 测量 11IC₁ 输出端⑥脚为 0 电平, 说明 11IC₁ 正常。这时 11BG₁ 仍不平衡, 并且其源极电位也不相等。因增益高时 11BG₁ 能够平衡, 所以可判定是取样比较电路 11BG₂ 的故障无疑。

由于 11BG₂ 是一块集成直插式差分对管, 型号为 5G921S。这种集成块市场上不易购到, 经查其性能参数与 S3DG6D 孪生对管相似, 经直接用 S3DG6D 代替后, 故障排除。

第五章

医用 X 线机的维修

第一节 X 线机的结构组成与工作原理

一、X 线机的结构组成

(一) X 线机的结构组成简介

随着科技的迅猛发展, 新的技术、新的工艺使医用 X 线机的结构更加紧密, 功能更加完备, 应用领域更加广泛, 影像质量更加提高。医用 X 线机因诊断或治疗的目的不同, 结构差异也较大, 但其基本结构都是由 X 线发生装置(主机)和 X 线机辅助装置(外围设备)两大部分组成, 如图 5-1 所示。

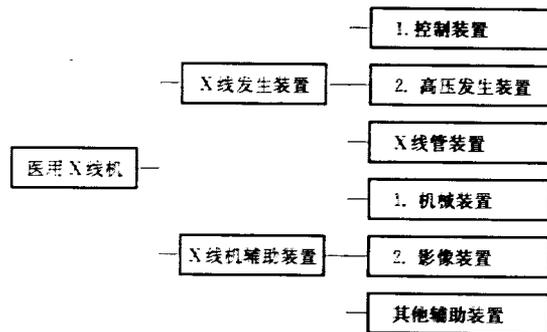


图 5-1 医用 X 线机的组成方框图

1. X线发生装置

X线发生装置也称为主机,主要包括控制装置(控制台)、高压发生装置(高压发生器)、X线管装置(X线管)。通过对所有装置进行调控,完成X线的发生,如图5-2所示。

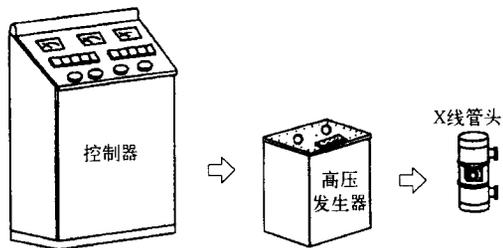


图 5-2 X线发生装置

① 控制装置。是控制X线的“量”和“质”以及控制X线发生时间的装置,一般将X线机的低压元件以及由低压元件组成的电路合理地集中装配在控制台内,将各种按钮或开关、指示仪表等布置在控制台的台面上,以便使用者集中操作和观察。某些大型机器,除控制台外,还设电器专柜存放各种电器元件。

② 高压发生器。是为X线管提供灯丝电压和直流高压的装置。医用X线机的大部分高压元件,如:高压变压器、高压整流元件、高压交换闸、灯丝变压器等均集中放置在高压发生器中,确保人身安全。

③ X线管装置。主要由产生X线的X线管和X线管管套组成。

2. X线机辅助装置

X线机辅助装置,也称为外围设备,是为满足临床工作的需要、方便病人检查而设计的各种配套装置,相对于主机来说称为附属装置。主要有:支持X线管组件的装置,如天轨、地轨、立柱、悬吊架等;支撑病人检查体位用的各种检查床,如摄影床、诊视床等;将X线信息转换为电视图像的影像增强器、摄像机、监视器及各种特殊检查用的各种配套装置等。图5-3是几种常见的医用X线机辅助装置。不同类型的医用X线机,其辅助设备的数量和功能是不完全相同的。一般讲,功率越大、功能越多的

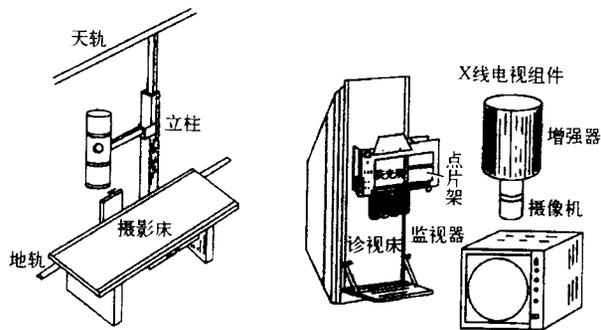


图 5-3 X线机辅助装置

医用X线机,其辅助设备的数量越多,结构也越复杂。反之,则数量越少,结构也越简单。

(二) X线机的主要部件

X线成像设备的规格型号很多,结构各异,一般可分为X线机的控制系统(电器部分)和X线机的执行系统(机械部分)。X线机的控制系统包括:X球管、高压发生器、控制台及其他电器附件设备(图5-4)。X线机的执行系统包括:诊视床、伸缩吊架装置、滤线器摄影装置、快速换片装置、断层摄影装置及其他机械附属装置。控制和执行两大系统是相辅相

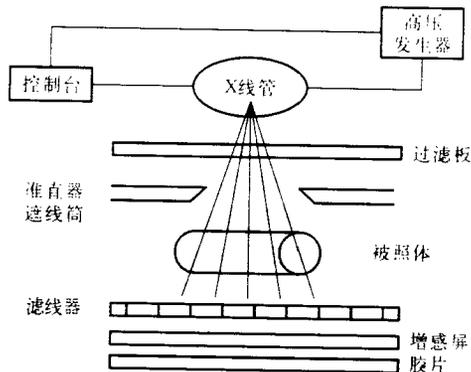


图 5-4 X线成像设备工作示意图

成不可分割的,只有同时工作时才能发挥X线机的全部作用。下面对X线机的几个重要组成部分做一简单介绍:

1. X线管

X线管是X线的输出源,它的发展至今已有将近百年的历史。最初的X线机有3个电极的离子X线管,而后发展为钨靶面,改用两个电极。尾端加散热片或水容冷却,管电压和管蓬电流都不大,后来为了克服含气管的缺点,使用灯丝作为阴极,即用热阴极代替冷却极。1929年,发明了旋转阳极X线管,缓解了焦点小而功率大的矛盾(图5-5)。但这对矛盾依然存在,且一直伴随至今,目前X线管仍作为一种消耗品使用。所以,目前的研究方向仍是如何提高X线管的寿命。

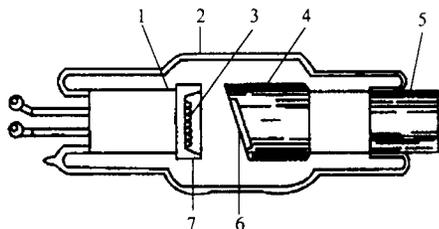


图5-5 X线管基本原理图

1—阴极; 2—管壁; 3—灯线; 4—阳极;
5—阳极柱; 6—钨靶; 7—聚射罩

目前使用的高真空热阴极X线管,主要由阳极和阴极组成。

(1) X线管的阴极

阴极主要由灯丝及聚焦装置组成。前者起电子发射器的作用,一般是用0.05~0.5 mm直径的钨丝制成。后者在灯丝附近,与灯丝处于同电位,可使电子更好地聚焦在阳极上,焦点的大小与灯丝尺寸及灯丝在聚焦装置中的位置有关。

由于X线诊断对象不同,对焦点大小要求也不一样。所以,在功率较大的X线管中,往往装有两个粗细及长短不同的灯丝,这种X线管叫双焦点X线管。

(2) X线管的阳极

阳极是X线管中的电子制动体,即承受高速电子冲击而产生X线。目前常用的有固定阳极和旋转阳极。固定阳极X线管一般用于治疗设备或少数特殊用途的小功率X线机,而在诊断设备中,由于要求焦点小、功率大、曝光时间短,常采用旋转阳极结构,使电子束在不同时间冲击在焦点轨迹上不同的地方。这种X线管的阳极体形如圆盘,中心微突成薄锥体,圆盘后壁与转子轴相连,故可旋转。启动装置按照异步电机原理,由放置在管外的定子线圈来驱动,速度与激励电压的频率成正比。当电压频率为50 Hz时,旋转速度只能达到2 800 r/min,而当供电频率为300 Hz时,可使旋转速度达到17 000 r/min。可见,提高供电频率则可提高X线管的功率。

在阳极靶面上,电子束受阻而产生X线,被电子撞击的地方称为实际焦点。而X线产生后,只有投照到特定方向的X线才能被有效地利用,实际焦点在投照方向上的投影面称为有效焦点面。有效焦点面积的大小直接影响影像的锐利度。有效焦点面越小,投影时的半影越小,影像也就越锐利。日常工作中所用焦点指有效焦点。

随着医疗实践的发展,根据X线诊断的要求,旋转阳极X线管正朝着大功率、大电流、微焦点、高速旋转和防护完善的方向不断发展,人们通过选择优良的靶面材料、减小靶面倾斜角、增大靶盘直径以及利用变频电路提高阳极旋转速率等措施,使X线管的性能和质量不断提高。

2. 高压整流电路及中频高压发生器

所有的X线机都含有供给灯丝电压的降压变压器和供给管电压的升压变压器,因为管电压必须保证阴极为负,阳极为正,才能使灯丝发射的热电子获得奔向阳极的加速度。因此,升压变压器升高的电压必须加以整流,整流后的电压稳定性对X线的质与量都有极大的影响。

(1) 高压整流电路

常用的高压整流电路有:自整流式、单相全波整流、三相全波整流及双三相全波整流等。

① 自整流式高压发生电路依靠X线管本身的单向导电性能进行整流。由于X线管仅能在交流电的半周期内工作,所以,整流效率不高,管电压波动大,其辐射的X线强度及质量远不如其他几种电路,但由于自整

流电路可使X线机具有重量轻、成本低、便于携带和使用方便等优点,所以目前仍有使用价值。

② 在单相全波整流电路中,X线管所消耗的能量,平均地分配在两个半周期内。所以,同一X线管在全波整流电路内的最高使用容量提高了1倍,所产生的X线线质也有所提高。

③ 为提高X线管的使用功率和X线辐射强度,在高压半导体整流器出现后,中型以上的诊断X线机已普遍采用电压脉动率较小的三相全波整流电路。在同样条件下,这种电路的输出功率约为单相全波整流电路的1.57倍。此外,由于管电压的脉动较小,有利于短时间曝光对运动器官进行动态摄影。

④ 为使X线管得到更加平稳的电压,可提高高压发生器的有效功率。目前,大功率X线主机的高压电路,采用双三相全波整流电路和下面介绍的中频高压发生器。双三相全波整流电路的高压变压器次级绕组分成两部分,分别接成星形及三角形。整个电路实际上是由两个全波整流电路串联而成,X线管两端电压是两个整流电路输出之和。三相全波整流的输出电压脉动率约为13%,而双三相全波整流的输出电压脉动则在5%~6%,大大提高了X线管的功率及所发射的X线质量。

(2) 中频高压发生器

中频高压发生器的工作原理与上述整流电路不同,它先将工频电压经整流、滤波变成低波纹系数的直流电压,然后通过逆变换产生数千Hz的中频电压,再经升压、整流、滤波后输出给X线管(图5-6)。

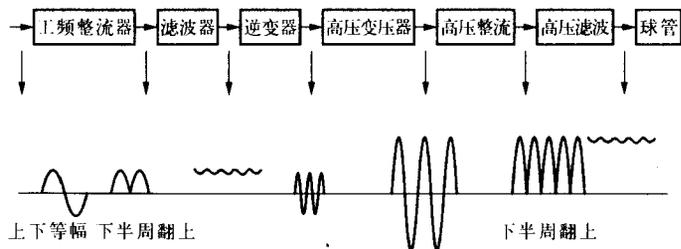


图 5-6 中频高压发生器原理图

采用中频高压发生器与前面提及的整流电路相比,具有如下一些优点:

① 由于管电压高而且波纹系数小,且不随工频电压波动而变化,所以,输出剂量远高于普通整流电路。

② 由于具有平稳的管电压特性,所产生的X线中,软线成分大大降低,这样可减少对皮肤的辐射剂量。

③ 可减小曝光时间,从而减少运动模糊对X线影像的影响。

④ 由于频率越高,变压器的效率越高,使用中频技术,可使高压变压器的体积缩小,从而使整个高压发生器的体积缩小。

中频技术的应用,是继旋转阳极管、影像增强器以及CT发明以后的又一大进展。中频逆变技术的应用,导致了所谓中频X线机的出现。现在,中频技术已广泛地应用于各类X线机中。

3. 滤线设备

X线管发出的原发射线在进入人体组织后,能产生波长比原发射线更长的续发射线(又称二次射线或散射线)向四周发射。这些续发射线也能使增感屏产生荧光,使胶片感光受到影响,影像的细节部分显得模糊。为了提高照片质量,必须采取有效措施,减小或消除续发射线的影响,各类滤线设备就是为此目的而设。目前常用的滤线设备有滤线器、集线筒及遮光器。

(1) 遮光器

遮光器又称缩光器、视野调节器。装在X线管管套放射窗口处,是控制X线照射视野的重要装置。

简易遮光器是在一个金属框架内,装有两对活页铅板,一对做水平方向运动,另一对做垂直方向运动。活页铅板的张合程度可通过调节杆进行手动调节,或由控制电机通过传动机构进行电动调节。

较复杂的遮光器除具有多层活页铅板外,还装有低压光源,利用反光镜将光线反射到床面上,然后调节铅门叶片位置,使光束放大或缩小,达到X线视野的预定区域。这样就可免去计算手续直接对X线照射视野进行调节和定位。

(2) 集线筒

集线筒与遮光器的作用相同,其主要差异是照射视野不可调节。

(3) 滤线器

滤线器是减少续发射线的有效工具,应用时放置在被照射物体与胶片之间,其作用原理与遮光器及集线筒不同。遮光器及集线筒是减少原发射线,从而减少续发射线,而滤线器直接减少续发射线。临床上往往两者同时使用,提高滤线性能。

滤线器的主要组成部分是滤线栅,它由许多薄铅条与可透 X 线的物质(如树脂、纸片),相互间隔黏结压制而成。X 线经过滤线栅后,原发 X 线也会被铅条吸收一部分,致使到达胶片上的原发射线减少。所以,在使用滤线器时,应当改变照射条件,如增加管电流和曝光时间,或增加管电压。

4. X 线成像装置

目前通常见到的 X 线成像装置主要分为模拟和数字两种。模拟成像主要以 X 线胶片、影像增强器为主。数字成像则包括 X 线胶片、IP 板、平板探测器等(IP 板、平板探测器将在数字 X 线摄影系统介绍)。

X 线胶片用于 X 线摄影。由 X 线管发出的 X 线透过人体的拍摄部位,投射到 X 线胶片上,使胶片感光,形成浅影。然后通过专门的洗片机,显影、定影,形成 X 线照片。数字成像的 X 线胶片则不同于模拟胶片。存储于计算机中的数字图像信息通过激光相机或热敏相机,直接被打印出来。

影像增强器主要用于 X 线的透视,是一种以图像转换为背景的光电转换器。影像增强器是一种电真空器件,管中高度真空,内有输入荧光屏、光电阴极、聚焦电极、阳极和输出荧光屏等。当 X 线通过人体后,随着人体各部位组织对 X 线吸收的差异,形成一幅 X 线图像。X 线透过人体,照射到影像增强器的输入荧光屏上,荧光物质按吸收的 X 线光子的强度激发出一幅荧光图像。荧光光子照射到与荧光层紧密结合的光电子阴极时,后者即发出与荧光强度相当的光电子,即将荧光图像转换为按电子密度变化的电子图像。增强器的阳极加有 25~30 kV 的正电位,使光电子飞向阳极并逐渐加速。同时,聚焦电极使电子聚焦和影像倒置,聚焦电极的级数越多,聚焦效果越好。这些被加速和聚焦后的电子束通过阳极孔轰击由荧光物质构成的荧光输出屏,由电子图像转换为可见光图像,这是一幅亮度增大、尺寸缩小的倒置图像。小型 C 臂机就用到了影像增强器(图 5-7)。

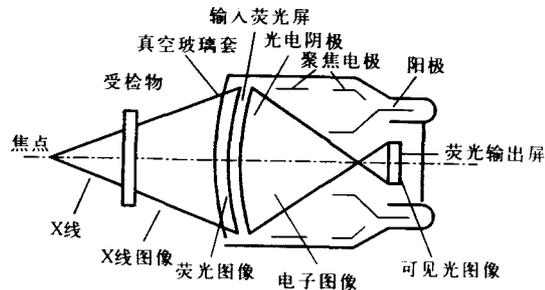


图 5-7 影像增强器结构原理图

二、X 线机的电路组成及工作原理

(一) 电路类型

1. 电路的基本要求

为了使 X 线机既能产生 X 线,又能安全可靠地使用,必须有相应的电路作保障。X 线机对电路的基本要求是:

- ① 给 X 线管灯丝提供一个稳定、可调的交流低电压,以产生足够数量的电子,控制 X 线的量。
- ② 给 X 线管提供一个可调的管电压,以使电子加速撞击阳极靶面,控制 X 线的质。
- ③ 能够精确地控制 X 线发生与停止。

除此之外,旋转阳极 X 线管必须有相应的旋转阳极启动电路及延时保护电路。为了保证 X 线管安全地工作,必须有相应的容量保护电路等。

2. 基本电路

为了实现 X 线管对电路的要求,一台 X 线机一般应具有下列基本电路:

- ① 电源电路。电源电路是指将外电源引入控制台内部,为自耦变压器供电的电路,通常包括熔断器、电源接触器、自耦变压器、电源开关和电源电压调节器等。
- ② X 线管灯丝加热电路。X 线管灯丝加热电路,又称管电流调节电路,是将电压经灯丝加热变压器降压后,送至 X 线管灯丝,从而控制 X 线管管电流的电路。该电路分为灯丝加热变压器初级电路和灯丝加热变压

器次级电路两部分,主要结构包括稳压器、空间电荷抵偿装置、毫安调节电阻和灯丝加热变压器等。

③ 高压变压器初级电路。高压变压器初级电路,又称管电压调节电路,是将自耦变压器输出电压送至高压变压器初级,从而控制管电压大小的电路。一般通过接触器或晶闸管等部件实现电路的通断,主要作用是完成管电压的预示、补偿、调节和控制。

④ 高压变压器次级及管电流测量电路。该电路主要由高压变压器、高压整流装置、毫安表以及 X 线管等组成,作用是将交流电变为高压直流电。

(二) 电源电路

电源电路的主要作用是将外电源引入到控制台内部,为各基本电路提供电源的电路。该电路要求电压不但在一定的范围内可调,而且能够适应电源电压的波动,是 X 线机各基本电路供电的总枢纽。

1. 电源电压的选择与调节

(1) 电源电压的选择

X 线机都采用自耦变压器作电源的总输入,输入电压一般小型 X 线机多采用 220 V 供电,而中型 X 线机多设计成既适用于 220 V 供电,又适用于 380 V 供电。在安装中,一旦确认用哪一种电源电压供电后,则 X 线机自耦变压器的电源输入电路接线,必须作相应的改动。

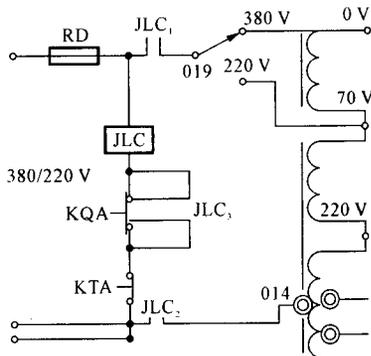


图 5-8 电源电压的选择与调节

如图 5-8,当电源电压选用 380 V 供电时,则 019 应与自耦变压器的 0 V 相接;当电源电压选用 220 V 供电时,则 019 应与自耦变压器的 70 V 相接。

(2) 电源电压的调节

在实际工作中,电源电压要随供电线路负荷的变化而发生相应的波动。为此在自耦变压器的输入端都设有电源电压调节器(如图 5-8 中

所接碳轮 014),当外界电源电压波动时随时进行调整。

自耦变压器在设计中,输出端有多种电压值的输出头,其中也有额定电压的固定抽头。而各抽头间的电压值,仍遵守变压比的规律。因此,当外界电源电压波动时,只要调节碳轮的位置来改变自耦变压器输入端与输出端的匝数比,其输出端的电压就能保持额定电压值。

2. 常见电源电路分析

(1) 小型机电源电路

1) 电路结构

图 5-9 是 F₃₀ 型 30 mA X 线机的电源电路。电源电压为 220 V,且允许在 180~240 V 之间波动。该电路由外电源引入装置 Z_{U2}、熔断器 RD、电源开关(兼电源电压调节器)K₁、自耦变压器 B₁、电源电压表 V、电源指示灯 ZD 等组成。当电源电压在一定范围内波动时,可以由电源电压调节器 K₁ 进行调节。

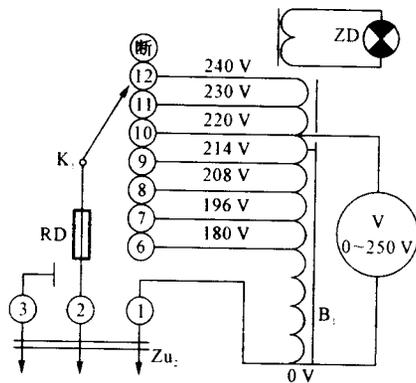


图 5-9 F₃₀ 型 30 mA X 线机电源电路

2) 电路分析

① 自耦变压器得电电路为:

Z_{U1} ① → 0 V → B₁ → 220 V → K₁ → RD → Z_{U2} ②。

② 电源电压表得电电路为: 0 V → V 表 → 220 V。

上述电路在小型 X 线机中应用较为普遍。中、大型 X 线机由于电流

较大,一般采用接触器接通或断开电源电路。

(2) 输入电压可选型电源电路

1) F₃₀-II F 型 200 mA X 线机电源电路

① 电路结构: 图 5-10 是 F₃₀-II F 型 200 mA X 线机电源电路。供电方式可以是 220 V 或 380 V 两种方式。用 380 V 供电时,两根电源线 DZ_{1→3} 与 DZ_{1→5} 接相线, DZ_{1→1} 与 DZ_{1→2} 短路接地; 220 V 供电时, DZ_{1→4} 接中线, DZ_{1→5} 接相线,并将 DZ_{1→4} 和 DZ_{1→2} 短路。机器出厂时,电源方式是 380 V,若要改为 220 V,应将 DZ_{1→2} 与 DZ_{1→1} 间的短路线改接到 DZ_{1→2} 和 DZ_{1→4} 上, DZ_{1→5} 接相线, DZ_{1→4} 接中线。

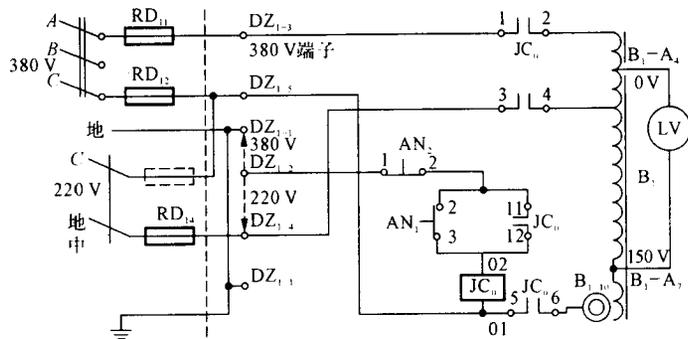


图 5-10 F₃₀-II F 型 200 mA X 线机电源电路

该电路由动合开关 AN₁、动断开关 AN₂、电源接触器 JC₀、电源电压表 LV、自耦变压器 B₁、电源电压调节碳轮 B_{1→10} 等组成。

② 电路分析: (以 380 V 供电方式为例)

I. 按下 AN₁, 电源接触器 JC₀ 线圈得电, 得电电路为:

地线 → DZ_{1→1} → DZ_{1→2} → AN₂ → AN₁ (松开 AN₁ 后 JC₀ 自锁) → JC₀ (线圈) → DZ_{1→5} → RD₁₂ → C(相)。

II. 自耦变压器 B₁ 得电电路为:

A(相) → RD₁₁ → DZ_{1→3} → JC₀ (1, 2) → B₁ → B_{1→10} → JC₀ (6, 5) → DZ_{1→5} → RD₁₂ → C(相)。

III. 电源电压表指示电路为:

B₁ → A₄ (0 V) → 电源电压表 LV → B₁ → A₇ (150 V)。

2) XG-200 型 X 线机电源电路

① 电路结构: 图 5-11 是 XG-200 型 X 线机电源电路, 该机电源电路设计供电电压为 220 V 或 380 V。用 380 V 供电时, 自耦变压器得电由 019 至 021; 用 220 V 供电时, 自耦变压器得电由 019 至 023。机器出厂前电源线按 380 V 供电方式接线, 若需改接 220 V 供电应将 023 与 019 短接, 002 与 003 短接, 001 接相线。HQA 与 HTA、KQA 与 KTA 是两组“通”、“断”按钮, 分别位于点片架和控制台上, JLC 为电源接触器线圈, ZOB 为自耦变压器。

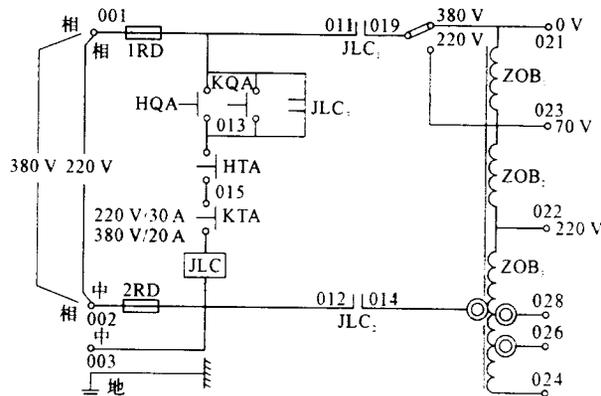


图 5-11 XG-200 型 X 线机电源电路

② 电路分析: (以 380 V 供电方式为例)

I. 按下按钮开关 KQA (或 HQA), 电源接触器 JLC 得电, 得电电路为:

(相) → 001 → 1RD → KQA/HQA (松开 KQA/HQA 后经 JLC₃ 自锁) → HTA → KTA → JLC (线圈) → 003 → (中)。

II. 自耦变压器 ZOB 得电电路为:

(相) → 001 → 1RD → JLC₁ → 0 V → ZOB₁ → ZOB₂ → ZOB₆ → 014 碳轮 → JLC₂ → 2RD → 002 → (相)。

3) 双开、关机按钮的电源电路

如KF II-200型X线机电源电路

① 电路结构: 该机的电源电路由熔断器、交流接触器、双按钮开关和滑轮调压式自耦变压器组成,如图5-12所示。

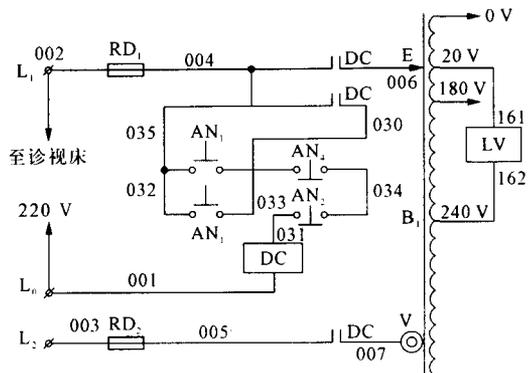


图5-12 KF II-200型X线机电源电路

该电源电路可使用单相220V或双相380V的供电电压,当使用220V时,006接线端子E接自耦变压器的180V处,002接相线,001和003短接后接中线。当使用380V时,则006接线端子E接自耦变压器0V处,002接相(L₁),003接相(L₂),001接中线。

该电路由控制台开机按钮AN₁,关机按钮AN₂,诊视床上开机按钮AN₃,关机按钮AN₄,电源接触器DC,自耦变压器B₁及电源电压表LV等组成。

② 电路分析: 当按下控制台上的按钮AN₁或诊视床上按钮AN₃时,DC得电吸合。电源经006线与007线输入自耦变压器,同时并联在AN₁及AN₂两端的DC动合触点闭合,DC线圈自锁。调节控制面板上的电源电压调节钮,使LV表指针指示到“▽”处。当按下控制台上的AN₂或诊视床上AN₄时,交流接触器DC失电,电源关断。

I. 电源接触器DC的工作电路为:

L₁→002→RD₁→004→AN₁//AN₃(瞬间后经自锁触点)→AN₁→

AN₂→031→DC→001(线圈)→L。

II. 自耦变压器B₁的工作电路为:

L₁→002→RD₁→004→DC动合触点→E→B₁→V碳轮→DC动合触点→005→RD₂→003→L₂。

(三) X线管安全保护电路

X线管安全保护电路是从电路结构上防止误操作或X线机出现异常曝光而损坏X线管所采取的措施。在X线机中有多种X线管安全电路,一般有容量保护电路、过电压保护电路、过电流保护电路、冷高压保护电路、旋转阳极启动延时保护电路等。本节主要讨论容量保护电路和旋转阳极启动延时保护电路。

X线管容量保护电路是为了防止操作者在选择摄影条件时超过X线管的额定负载而损坏X线管采取的一种安全措施,它属于一次性预置保护,是防止X线管因一次性负荷过大而导致X线管损坏的保护,而对额定值内的多次累积性过载无效。解决累积性过载问题,应根据X线管的热容量特性,严格遵守该管的曝光间隔,以保证冷却,这样才能确保X线管的安全。

X线管容量即允许最大负载,是由该管的管电压、管电流、曝光时间决定的。所以,X线管安全保护电路的设置与调整,是以X线管瞬时负荷特性曲线和表格为依据的。

部分小型X线机未设置容量保护电路,而在说明书中标明了最大管电压、管电流、曝光时间,操作时应特别注意:

1. F₃₀-II F型X线机容量保护电路

(1) 电路结构

F₃₀-II F型X线机容量保护电路如图5-13所示,它由信号输入电路和开关电路两部分组成。

信号输入电路由空间电荷抵偿变压器次级的一个独立绕组B₁₀(3、4)、毫安选择器KX₁₋₂₀₀、降压电位器R₃₀~R₃₅和R₄、时间选择器XK₂₋₁₀₀~XK₂₋₃₀₀和整流器(D₁₁、C₄)等组成。由于空间电荷抵偿变压器B₁₀的初级与高压变压器初级相并联,且随摄影管电压的改变而改变,其次级感应电压的大小就反映了摄影管电压的高低。此电压通过XK₃₁₋₂₀₀(30~200mA任意一档)、R₃₀~R₃₅和R₄、XK₂₋₁₀₀~XK₂₋₃₀₀任意挡后,经硅整流桥D₁₁和电容C₄整流滤波后变为直流电压,加到R₂₆

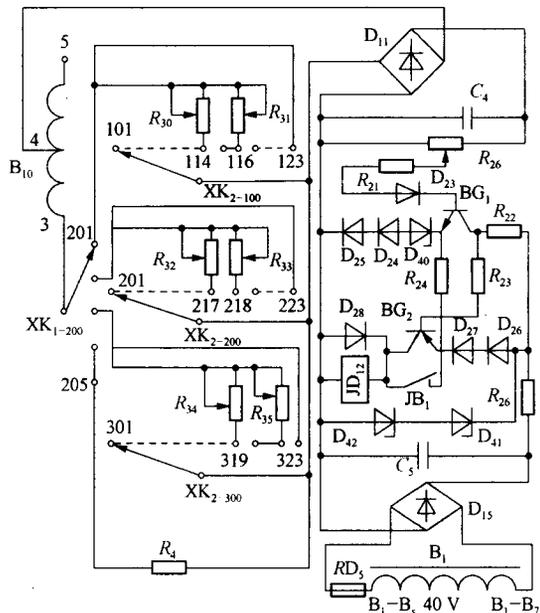


图 5-13 F₃₀-II F 型 X 线机容量保护电路

上作为开关电路的输入信号。因此该信号受管电压、管电流、曝光时间三参量的联合控制，也反映了三参量的制约关系。只要预置条件超出额定值，信号电压将大于临界导通电压，使开关电路导通，推动过载保护继电器 JD₁₂ 工作，连接在控制电路中的 JD₁₂ 的常闭触点打开，从而使得曝光不能进行，起到一次性容量限制的作用。

开关电路是由晶体三极管 BG₁、BG₂ 等组成。它是由电源变压器独立绕组 B₁ 产生 40 V 交流电压，经整流器 (D₁₅、C₅) 整流和滤波，稳压管 D₄₁、D₄₂ 稳压后作为开关电路的工作电源，然后再经 R₂₄ 和稳压管 D₄₀ 进行二次稳压，作为三极管 BG₁ 发射极基准电压，二极管 D₂₄、D₂₅ 作温度补偿，因为 D₄₀ 稳压管具有负温度系数，温度升高时其正向压降会略微升高。而二极管具有正温度系数，即温度上升时其正向压降减小，从而补偿了温度上升引起的基准电压变化，使基准信号稳定不变。D₂₆ 和 D₂₇ 是为

了使 BG₂ 发射极获得一基础电位，保证 BG₂ 工作在合适的静态工作点上，继电器能够可靠地工作。D₂₈ 是为防止继电器由导通转为截止时，线圈产生的反电动势对 BG₂ 的冲击。R₂₁ 为限流电阻，D₂₃ 为 BG₁ 基极提供保护。JD₁₂ 为控制继电器，其常闭触点接于曝光控制电路，常开触点接于过载指示灯电路。

(2) 工作原理

当摄影条件在安全范围以内时，R₂₆ 上输出的信号电压小于基准电压，二极管 D₂ 截止，三极管 BG₁、BG₂ 也处于截止状态，继电器 JD₁₂ 不得电，触点 JD₁₂ (5、7) 闭合，控制 JD₄ 线圈可以得电，曝光可以正常进行。

当摄影条件超出安全范围时，R₂₆ 上输出的信号电压大于基准电压，三极管 BG₁、BG₂ 导通，继电器 JD₁₂ 得电，触点 JD₁₂ (5、7) 打开，控制 JD₄ 不工作，摄影高压接触器 JC₃ 得电回路被切断，曝光无法进行，从而达到保护的目。同时过载指示灯亮，进行过载指示。

JD₁₂ 线圈得电电路为：D₁₅ (+) → R₂₆ → D₂₆ → D₂₇ → BG₂ 发射极 → BG₂ 集电极 → JD₁₂ (线圈) → D₁₅ (-)。

2. XG-200 型 X 线机容量保护电路

(1) 电路结构

过载保护继电器 GBJ 有一对常开触点连接在高压接触器 SC 的得电回路中。当继电器 GBJ 得电时，GBJ 继电器的常开触点闭合，SC 可以得电曝光，曝光可以进行；当继电器 GBJ 不得电时，其常开触点断开，SC 线圈无法得电，曝光无法进行。GBJ 的得电与否受容量保护电路控制。

容量保护电路是利用两个 2DW7 稳压管和两个 1.5 千欧电阻，组成“比较电桥”。变压器 KB 的初级与高压变压器初级相并联，其次级输出电压与摄影管电压成正比，该电压经硅桥整流，电容滤波后提供一个带有“kV 信息”的直流信号，再通过限时保护继电器 (SJ₁ ~ SJ₅) 的触点、毫安选择器 (其中之一)，在相应的电阻 (R₁₁ ~ R₂₄) 分压后，又加进了管电流和曝光时间的信息，把这个与管电压、管电流、曝光时间有一定联系的信息送入比较电桥 A、B 两端，由 C、D 两端电位的变化来控制三极管 3DK4B 的导通与截止。

(2) 工作原理

1) 不过载时

当 A、B 两端输入电压为 10 V 时，C、D 两点的电位关系是 U_C >

U_D , 三极管 3DK4B 导通, GBJ 得电, 曝光可以进行。

2) 过载时

当 A、B 两端输入电压为 12 V 时, 因稳压管为 6V, C、D 两点的电位关系是 $U_C = U_D$, 3DK4B 因不具备导通条件而截止, GBJ 不得电, 曝光不可以进行。同时 GDJ 线圈得到 0、11 之间的 24 V 直流电压, GDJ 线圈受自身常闭触点 GDJ_2 的控制而断续工作, 使控制台指示灯闪烁发光并发出轻微啸叫声, 表明机器过载。

① 当 X 线机不过载时, 过载保护继电器 GBJ 线圈得电, 其得电电路为: 11 → GBJ(线圈) → 3DK4B 集电极 → 3DK4B 发射极 → 2CP₁₂ → 0 V, 此时 GDJ 不工作, 过载指示灯不亮。

② 当 X 线机过载时, 过载保护继电器 GBJ 不得电, 控制台上过载指示灯闪烁亮。GDJ 线圈的得电电路为: 11 → GBJ₂ (常闭) → GDJ₂ (常闭) → GDJ(线圈) → 0 V。

(四) X 线管灯丝加热电路

灯丝加热电路是为 X 线管灯丝提供加热电源的电路, 能实现管电流的调节, 因此也称为管电流调节电路。电路包括灯丝加热初级电路和次级电路。由于次级电路与 X 线管阴极相连, 常在高压次级电路中画出。本节只讨论灯丝加热初级电路。X 线管灯丝加热初级电路的作用是: 根据不同的管电流要求, 设置 X 线管灯丝加热变压器初级不同的输入电压。在灯丝加热变压器初级电路中, 一般有以下几种装置:

(1) 稳压器

由 X 线管灯丝发射电子特性曲线可知, 灯丝加热电压的波动对灯丝发射电子数目、灯丝寿命有很大的影响, 故 X 线管灯丝加热变压器初级电路中设置了相应稳压器。一般采用谐振式磁饱和稳压器, 它的作用是保证灯丝电压不随外界电源电压波动而变化。此种稳压电源稳定度能达到 $\pm 1\%$, 且反应快, 但对电源频率变化十分敏感, 因此有的 X 线机中采用电子稳压器。

(2) 管电流调节器

X 线管灯丝加热变压器初级电路中串联毫安调节电阻, 以调节灯丝的加热电压。透视时, 管电流调节范围小, 且连续可调。摄影时, 管电流

调节范围大, 采用分挡调节。

(3) 空间电荷抵偿装置

在灯丝加热变压器初级电路中接入了空间电荷抵偿变压器次级, 它的作用是减少管电压变化对管电流的影响。

(4) X 线管灯丝温度控制装置

摄影时, 灯丝需预热增温, 以提供足够数量的电子撞击阳极靶面而发生 X 线。

1. 管电流的调节与稳定

(1) 透视管电流的调节

透视管电流要求在 0~5 mA 之间, 且在曝光时能连续可调, 因此在 X 线管灯丝加热变压器初级电路中串入一个半可调电阻和一个线绕电位器。半可调电阻 R_1 在机器内部, 用来限制最大管电流不超过 5 mA, 线绕电位器 R_2 在控制台上, 称为透视毫安调节器, 它的作用是管电流在 5 mA 内任意可调, 如图 5-14。

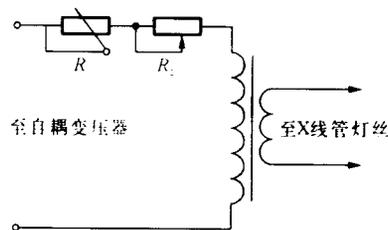


图 5-14 透视管电流调整电路

(2) 摄影管电流的调节

摄影管电流数值远大于透视管电流, 且摄影管电流在曝光时不可调节, 在摄影灯丝加热变压器初级电路中, 一般接入分挡调节电阻。

如图 5-15, XK 是毫安选择器, 调节 XK, 可以改变串联在灯丝变压器初级得电回路中的电阻大小, 对摄影管电流进行选择。同时 XK 也可以根据不同的毫安值改变空间电荷抵偿的幅度。调节流程为: 稳压器输出 II → 毫安调节电阻 → 空间电荷抵偿变压器次级 → 灯丝加热变压器初级 → 灯丝。

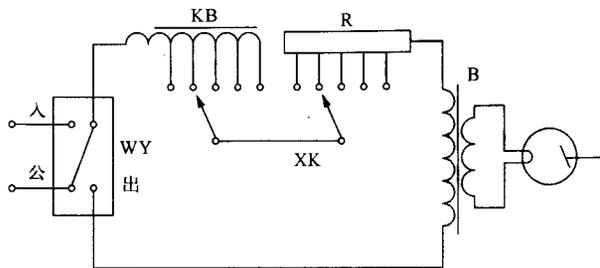


图 5-15 摄影管电流调整电路

(3) 管电流的稳定

X线管中,影响管电流稳定因素主要有两个方面:一是电源电压的波动导致灯丝电压不稳定,为此X线机设置了谐振式磁饱和稳压器或电子稳压器;二是空间电荷的影响导致管电流随管电压的变化而变化,为此X线机设置了空间电荷抵偿装置。如图5-15中的WY是谐振式磁饱和稳压器,KB是空间电荷抵偿变压器。

2. 常见X线管灯丝加热电路分析

(1) 小型X线机灯丝加热电路

1) 电路结构

小型X线机多为单焦点X线管,电路简单,初级电路中不设稳压装置和空间电荷抵偿装置,由自耦变压器直接供电,开机后灯丝就被正常加热。

图5-16是F₃₀型30mA X线机灯丝加热变压器初级电路,透视灯丝电路由可调电阻R₄和电位器W串联组成,R₄限定透视最大管电流为5mA,W可以在0~5mA之间连续调节。R₃为摄影毫安调节电阻,调节该电阻使摄影管电流为30mA。K₃为透视、摄影转换开关,2J为胃肠摄影预备继电器。

2) 电路分析

① 透视灯丝加热变压器初级电路: K₃置于透视位

34V→K₃₋₂→2J₄(常闭)→Zu₆①→Zu₇①→O→B₃→F→Zu₇③→Zu₆③→W→R₄→K₃₋₃→2J₁(常闭)→220V。

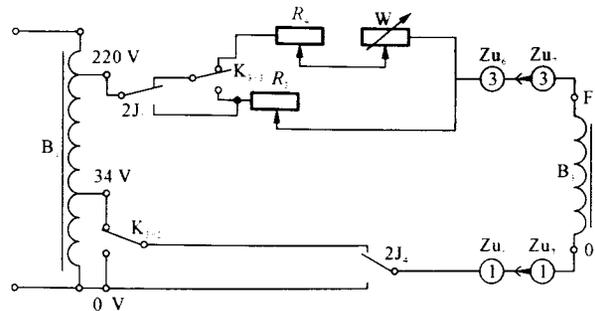


图 5-16 F₃₀型 30 mA X线机灯丝加热变压器初级电路

② 摄影灯丝加热变压器初级电路: K₃置于摄影位

220V→2J₁(常闭)→K₃₋₃→R₃→Zu₆③→Zu₇③→F→B₃→O→Zu₇①

①→Zu₆①→2J₄(常闭)→K₃₋₂→0V。

③ 胃肠摄影灯丝加热变压器初级电路: K₃置于透视位,继电器2J工作

220V→2J₁(常闭)→R₃→Zu₆③→Zu₇③→F→B₃→O→Zu₇①→Zu₆①

①→2J₄(常开)→0V。

(2) F₃₀-II F型 200 mA X线机灯丝加热电路

1) 电路结构

该机灯丝加热电路由下列元件组成: 谐振式磁饱和稳压器B₁₁,大、小焦点灯丝加热变压器B₄、B₅;空间电荷补偿变压器B₁₀;透视管电流调节电阻R₃、R₅,摄影管电流调节电阻R₇、R₈,摄影毫安选择器XK等。如图5-17所示。

透视时,谐振式磁饱和稳压器B₁₁输出电压经R₅、R₆、R₇加于小焦点灯丝变压器B₅的初级。调节线绕电位器R₅即可改变透视管电流的大小。

摄影管电流的调整:小焦点30mA通过电阻R₇调整,其余四挡为大焦点50mA、100mA、150mA、200mA通过电阻R₃调整。

2) 电路分析

① 透视电路: B₁₁(公)→F₇→B₅→F₁→R₇→R₆→R₃→JC₂(常闭)→

JC₄(常闭)→B₁₁(出)

② 小焦点30mA摄影电路: XK置于30mA挡,按下手动开关,透视

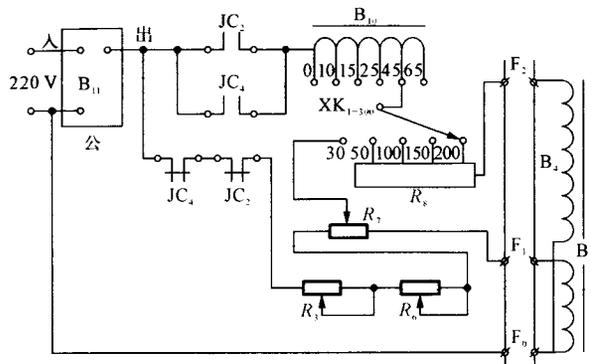


图 5-17 F₃₀-II F 型 200 mA X 线机灯丝加热电路

与摄影交换接触器 JC₂ 工作。

$B_{11} \rightarrow F_0 \rightarrow B_3 \rightarrow F_1 \rightarrow R_7 \rightarrow 30 \text{ mA} \rightarrow XK_{1-300} \rightarrow B_{10} \rightarrow JC_2 \text{ (常开)} \rightarrow B_{11} \text{ (出)}$

③ 大焦点 50~200 mA 摄影电路: XK 置于 50~200 mA 挡, 按下手动开关, JC₂ 工作。

$B_{11} \text{ (公)} \rightarrow F_0 \rightarrow B_4 \rightarrow F_2 \rightarrow R_8 \text{ (50~200 mA)} \rightarrow XK_{1-300} \rightarrow B_{10} \rightarrow JC_2 \text{ (常开)} \rightarrow B_{11} \text{ (出)}$

④ 点片摄影电路: XK 置于点片摄影所需毫安挡, 拉动点片摄影手柄, JC₄ 工作。

$B_{11} \text{ (公)} \rightarrow F_0 \rightarrow B_4 \rightarrow F_2 \rightarrow R_8 \text{ (50~200 mA)} \rightarrow XK_{1-300} \rightarrow B_{10} \rightarrow JC_2 \text{ (常开)} \rightarrow B_{11} \text{ (出)}$

(3) XG-200 型 X 线机灯丝加热电路

1) 电路结构

图 5-18 是 XG-200 型 X 线机灯丝加热变压器初级电路。该机采用大焦点灯丝加热变压器非预热型初级电路。电路由稳压器 WY, 空间电荷抵偿变压器次级绕组 KHB₂、KHB₃, 毫安选择器 MSA, 技术选择开关 GSA 以及大小焦点灯丝加热变压器初级绕组 DJB₁、XJB₁ 等部件组成。

1WJ₁、1WJ₂ 为胃肠摄影预备继电器 WJ 的触点。1WJ₁ 在胃肠摄影时切断小焦点灯丝加热变压器初级的得电电路, 1WJ₂ 接通大焦点灯丝变压器 100 mA 挡的加热电路, 达到自动切换的目的。SCR 为摄影毫安调节

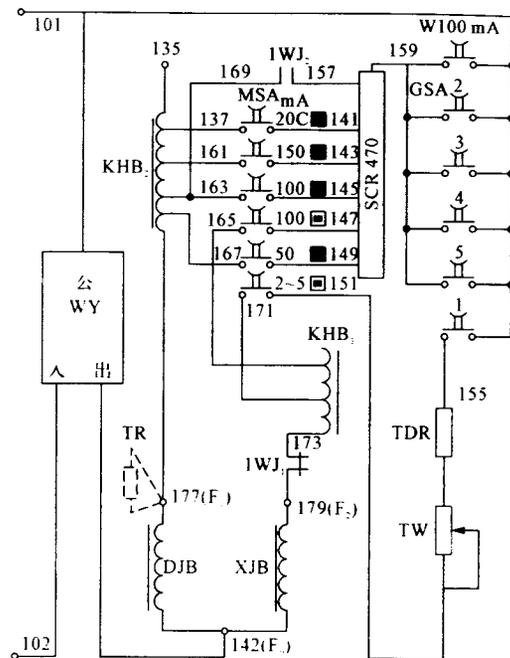


图 5-18 XG-200 型 X 线机灯丝加热变压器初级电路

电阻, TDR、TW 为透视毫安调节电阻, TR 为训练 X 线管时外加电阻。

2) 电路分析

① 床下 X 线管灯丝加热变压器初级电路。

A. 透视时, 小焦点灯丝加热变压器初级得电电路为:

$WY \text{ (公)} \rightarrow GSA_1 \rightarrow TDR \rightarrow TW \rightarrow MSA \text{ (5 mA)} \text{ 按钮} \rightarrow 171 \rightarrow KHB_3 \rightarrow 173 \rightarrow 1WJ_1 \text{ (常闭)} \rightarrow 179 \text{ (F}_2\text{)} \rightarrow XJB_1 \rightarrow 142 \text{ (F}_0\text{)} \rightarrow WY \text{ (出)}$ 。

B. 透视胃肠摄影灯丝加热交换: 胃肠摄影预备继电器 WJ 工作, 引起大小焦点灯丝的加热交换, 得电电路为:

$WY \text{ (公)} \rightarrow W \text{ (100 mA)} \rightarrow SCR \rightarrow 157 \rightarrow 1WJ_2 \text{ (常开)} \rightarrow 169 \rightarrow 163 \rightarrow KHB_2 \rightarrow 177 \text{ (F}_1\text{)} \rightarrow DJB_1 \rightarrow 142 \text{ (F}_3\text{)} \rightarrow WY \text{ (出)}$ 。

② 床上 X 线管灯丝加热变压器初级电路。

A. 小焦点灯丝加热变压器初级电路为:

WY(公)→GSA₂₋₅→SCR→147(100 mA)→MSA(100 mA)→165→KHB₃→1WJ₁(常闭)→179(F₂)→XJB₁→142(F₀)→WY(出)。

B. 大焦点灯丝加热变压器初级电路为:

WY(公)→GSA₂₋₅→159→SCR(149、145、143、141)→MSA(50~200 mA)→167、163、161、137→KHB₂→177(F₁)→DJB₁→142(F₀)→WY(出)。

第二节 X 线机的故障维修

一、X 线机的故障分类及其原因分析

为了顺利地排除故障,恢复 X 线机的正常运行,需要熟悉机器的结构及设计数据,熟悉各类故障的特点及产生原因,按照检修原则、注意事项合理地运用检修方法,这是做好维修工作的重要保证。

1. X 线机故障的分类

X 线机的故障通常可分为机械故障和电器故障两大类。

(1) 机械故障

机械是机械部件所发生的故障。在移动式数字化 X 线机中,由该类机型的活动的性质所决定,通常有四种情况:

① 机械转动件失灵或卡死,这是一种常见的故障,大多是因为机件受潮而生锈、润滑不及时、杂物侵入未及时处理等原因造成。轻者增加摩擦,降低灵活度,使操作变得笨重,重者致使机件锈死或卡死而不能活动。

② 机械精度改变,由于机械磨损,机件在长期使用后,会出现机械稳定性降低、运动过程中晃摆等现象。

③ 机件弯曲、变形、破碎及断裂,主要由于用力不均及位置不正所引起。

④ 机械连接固定件松动或松脱,如连接件、螺钉、螺母等在机械活动中受力松动或脱落。

后两种故障不仅影响机械的正常运行,还很可能导致严重后果,造成机器损坏,甚至出现危险,应特别注意检查和及时维修。

(2) 电路故障

电路故障是由于电气线路所发生的故障,同时要注意的是由于在 X 线机中采用了计算机技术,因此由于硬件和软件所导致故障也归类为电路故障。因此按故障性质可分为开路故障、短路故障和损坏故障;按故障所在系统的部位可分为低压电路故障和高压电路故障。

① 开路故障。开路有完全与不完全之分,完全开路(如断线)是指电路中没有电流,不过这种故障多半是由于碰撞或因调整不当,或因某些部件损坏导致完全开路;不完全开路包括因接触不良、元件变质等原因引起的电路开路,而使电路中电流明显低于正常值的现象。开路故障将会造成所控电路工作不正常,进而使某一局部甚至全部电路停止工作。

② 短路故障。指由于导线绝缘被破坏或因绝缘强度降低而击穿,各种原因造成不该连接的导线、元件间的碰接,元件变质漏电使电路中电流大大超过正常值等。这类故障危害极大,不仅会使局部电路工作不正常,而且会使导线、元件过热甚至烧毁,熔丝熔断,造成局部或整机停止工作。

③ 损坏故障。元件在长期使用中,由于质量和自然寿命所致,会发生损坏,造成开路或短路等现象,如电阻烧断、集成电路损坏、计算机软件被破坏、电容器、晶体管击穿等。此外也要注意元件老化问题,即其参数发生改变,器件并没有完全损坏,它可能只表现为电阻的增大或减小、电容器漏电、晶体管参数变化等。这种故障使电路参数发生不同程度的变化,造成某电路或整机工作异常,具有较强的隐蔽性,不太容易判断,只有通过细心检查、逐级测量、分析比较方能找出故障所在。

④ 低压电路故障。指发生在电源电路、灯丝初级电路、高压初级电路、控制电路等电路中各元件及电路上的故障,如电源变压器、集成电路、旋转阳极启动器、继电器等工作在低压部分的部件。

⑤ 高压电路故障。指发生在高压次级侧的电路或元件的故障,如高压逆变器、高压电缆、X 线管等工作在高压部分的部件。

在检修时,应先根据故障现象判断是开路还是短路故障,是高压电路故障,还是低压电路故障,而后进行逐级检查,以减少试验次数,缩短检查时间,实践证明这是一种行之有效的方法。

2. 故障产生的原因分析

(1) 正常损耗

正常损耗是由机械和电气元件的使用寿命所决定的,比如,X线管长期使用后,灯丝发射电子的能力会逐渐降低,阳极会由于老化而产生龟裂,使 X 线输出量大幅度下降;CCD 摄像头当使用到一定的次数后会老化,降低图像质量。这些机械部件或电子元件的使用寿命难以用一确切的时间来衡量,主要取决于使用是否正确和维护是否得当,正确的使用和合理的维护就能延缓它们的老化过程,也就提高了使用寿命。

(2) 使用不当

使用不当会造成 X 线机直接损坏或间接损坏(如缩短寿命等),从而影响工作。比如,当 X 线机选择的曝光条件超过了其能够承受的最大容量时,就能导致一次性过载而损坏机器。而在移动过程中碰撞球管或影像增强器,使其损坏等,或在移动中将脚踏开关的连接线压断等,当连续工作造成的阳极累积热量超过其能够承受的最大值时,导致灯丝烧断或导致机器过负荷而损坏。因此,正确地使用 X 线机是设备安全的重要保证。

(3) 维护不当和维修不及时

日常的维护和定期的检修能及时地发现隐患,防患于未然。移动式 X 线机的机架不能定期润滑或检查,导致其锈蚀或失灵。组合机头定期检查是否漏油,是否潮湿,电机变速器、轴承等均需定期维护,进行清洗,并添加润滑剂,否则就可能影响活动的灵活度,甚至不能正常工作。

(4) 调整不当

如果机器调整不当就投入使用,不但不能充分发挥效用,甚至会造成机器的损坏。比如:X 线管电流未做严格校准,不但影响机器使用效果,而且还会造成 X 线管损坏。

(5) 机器质量不佳

可能是某些元器件工艺不良或质量不佳导致使用时损坏,也可能是设计不合理或元器件的电性能及机械性能不符合使用要求而损坏。是否因质量问题引起元件的损坏应根据具体情况作细致的分析,因为有时是机器内部潜在故障未能及时发现所引起,对这一点应特别加以注意,以防

止故障的进一步扩大。

3. 故障特征

X 线机发生故障的程度不同,其特征就不同。硬故障表现得比较绝对,故障特征明显,比如短路、开路及损坏等;而软故障表现得比较模糊,故障特征就不很明显,比如元件老化、变质但未完全失效、接触不良等。熟悉故障的特征及表现形式,对于故障的判断和查找是很有帮助的,但对整机的系统原理的理解是至关重要的。

(1) 突发并且现象持续的

有些故障突然发生后,现象明确。例如:X 线机高压部分绝缘材料被击穿时,会出现电流突然显著增大,这个现象始终持续,只是程度会逐渐加重。这类故障,特别是上述的高压故障,应尽可能少做试验,以免扩大故障,造成更大损失。又如在产生 X 线时图像出现扭曲,多次使用都是同样的现象,可能是接地线开路等等。

(2) 偶发并且时有时无的

有些故障是偶然发生的,表现为时有时无,没有规律性。这类故障是最难判断和维修的,其主要是由于接触不良,或软件的不稳定造成的,经常发生在接插件、开关、接触器等器件上,接线或电路板的虚焊也会产生这种现象。

(3) 规律性的

有些故障是在某些特殊条件下发生的,表现为有一定的规律性。例如:X 线机低于某千伏时工作正常,但到某千伏以上时球管就发生放电,降低条件后又能正常工作,这表明管套内的绝缘油耐压不够,需要更换。还有当在透视时工作正常,但切换到摄影时不产生射线;还有遇热或受潮时出现故障现象等。

(4) 渐变性的

有些故障现象的程度随着时间加长和条件加大而加剧,直至完全不能工作。这主要是器件的老化所致,系统软件受到计算机病毒的感染所致,尤其是电子器件或导线的绝缘降低时。

总之,X 线机的故障特征有多种,抓住这一表面现象,从电路的原理去分析、判断、检查、测量,就能找出问题的实质,从而避免故障的扩大并得到及时检修。

二、X 线机的故障维修方法

1. 故障维修原则

① 检修人员应具有检修 X 线机的专门知识和一定的维修经验,应能有效地利用 X 线机的相关资料和数据,并应具有严肃认真的工作作风。

② 应注意仔细观察,全面详细地弄清发生故障时的特征和工作状态,并能根据故障特征进行综合分析,制定出合理的检修计划,切忌盲目检修。

③ 检修后对机器进行必要的试验和调整,并填写较为详细的维修记录。记录中应包括检修对象、故障现象、检查结果及处理方法等。

④ 要按检修计划进行检查,并视具体情况灵活掌握,遇有新的情况,应先从电路原理上认真分析,修订计划,而后继续检查。

⑤ 检修时应注意拆卸的顺序,记录编号,以避免复原时增加不必要的麻烦,甚至造成新的故障。卸下的东西应分别放置,检修后及时装上,以免遗留机内,引起电路短路,甚至高压放电,损坏 X 线管和其他部件。

⑥ 检修低压电路或进行高压电路测量检查时,必须拆下高压初级接线,并将高压发生器上的高压初级接线短接,以防发生电击事故。产生高压时,除使用专用的测试设备,绝不允许在高压电路内进行测试或检查。

⑦ 对高压电缆或通过高压电缆进行测量检查时,必须先将要高压电缆芯线对地放电,以免引起高压电击,危及人的生命。

⑧ 重视防护,必须进行曝光试验时,应关闭束光器,或用铅皮等将 X 线管头窗口遮盖,防止不必要的辐射。

⑨ 短路故障时,应避免重复试验,如高压击穿、机器漏电、电流过大等。如非试不可,应选择低条件,一次将故障现象观察清楚,若反复试验,则会造成故障扩大或损坏器件。

2. X 线机故障检查的常用方法

当数字化 X 线机出现故障时,检修者首先要做的就是明确机器的哪部分出现故障,是什么类型的故障以及引起的原因。要迅速地查明故障并加以排除,需要有合理有效的检查手段,切忌只顾分析线路图,纯理论地寻找故障,也要避免盲目进行测试,而应从系统而全面的角度分析和维

修故障。

(1) 直观法

直观法也称感触法,即利用人的感官通过看、听、嗅及触摸等手段来确定故障的所在。这种方法,适用于表面故障的检查,如用眼观察 X 线管灯丝是否点燃,电路中有无打火与放电,元件及连接线路有无损坏或脱落等;听系统工作有无异常声响,旋转阳极启动运转是否正常,高频发生器或球管内有无异常等;闻有无烧焦时的糊味;在机器断电后,用手触摸某些元件,如电阻、变压器、X 线球管,应从其温升可以判断出电路是否正常。事实表明,绝大部分故障可以通过直观法,并运用一般知识初步分析确定。

(2) 短接法

当断定某些控制回路应通,但未导通时,可以用导线短接某段线路或某些控制接点,借以判断故障所在。此法简单易行,只需一条夹子线,即可通过逐点短路的方法查出故障,是检查数字化 X 线机这类设备开路故障的极为有效的手段。该法的运用应当注意,是由对整个系统的工作原理非常理解,并具有经验的工程人员采用,否则可能会导致故障的扩大。

(3) 隔离法

即将电路分段,分成几部分逐个进行检查,以排除相互的影响。该法适用于短路故障的检查,也是对一些疑难故障进行定位的有效方法。现在许多数字化 X 线系统是计算机控制的系统,因此故障的显示及解决的方法可从计算机中获取,因此智能化数字化的射线系统完全可采用隔离法迅速加以查明。

(4) 替代法

又称为置换法,一般指的是用型号相同或数值相近的元器件及电路板替代可疑部件进行检查的方法。这是工程人员最常采用的方法,这种方法适合于对电路中的某些元器件或电路有怀疑,又无其他更好的方法鉴别其好坏的情况下使用。但要注意,进行替代之前,必须对电路中的电路参数进行测定,只有在电路参数正常的情况下才能进行替代,避免损坏替代件,甚至扩大故障。

置换法是工程人员维修最有效的方法,由于现在集成化程度的提高,



许多系统可能都由控制功能部件完成,因此传统的维修到器件的方法已不能完成故障判断和维修,而某些系统由于技术保密的原因,生产商不提供技术只提供配件进行置换。

(5) 测量法

也称为仪器仪表法,是借用测试仪器仪表,如万用表、电压表、电流表、示波器等进行检查。因为人的感觉器官只适用于检查具有比较明显表面现象的故障,而无法确定一些故障发生的原因、性质及位置,更无法对故障作出“定量”判断,所以,在很多较复杂的系统要通过测试仪器仪表来检查,即使是具有计算机自检功能的 X 线设备也不能例外。作为维修人员必须熟悉常用测试仪器仪表的使用,测试中正确测试数据,并能根据测试结果作出分析,根据测量结果判定故障。测量法在现实的维修过程中已是一种必要的手段,比如在 Radius 系列移动式 X 线系统中,图像处理的调试和维修必须在数字式双踪示波器的测量下才能调整和维修。

上述五种故障检查法,只是许多维修方法的一部分,还有许多其他的维修方法,所有的方法并非是孤立的,一个故障的检修,可能用到其中的一种或几种甚至全部方法,只有在实际中灵活运用,理论结合实际,才能准确、快捷地排除故障。

3. 医用 X 线机的安装

(1) 机械部分的安装

机械部分的安装在 X 线机组中是第一步的工作,要按照机器所带安装使用说明按要求安装,按机组的各部分的安装,要根据机组的特点按步骤进行,这里不再叙述。

(2) 电气部分的安装

电气部分的安装要在机械部分安装之后进行,主要是线路的连接,一定要对号连接不要搞错,当所有连线全部接好后,最后,还要检查一遍,看是否有错误。

(3) 高压部分的安装

在高压部分的安装中,高压发生器的安装较为简单无须打开,但应检查绝缘油液面,距离油箱盖内表面不大于 20 mm,否则要添加符合标准的变压器油,以达到规定的高度。高压电缆的连接所有插头插座都要用干

净纱布蘸乙醚或四氯化碳擦拭干净,然后用硅脂或脱水凡士林涂一层在插上,然后按照定位插口插入,在此过程中还要把插座内的气体排出。

三、X 线机的常见故障维修

1. 管电流测量电路故障分析与排除

(1) 毫安表指数较往常偏低

【故障分析】 当毫安表指数较往常偏低时有两种情况:一是 X 线强度不减弱,二是 X 线强度不仅减弱,而且透视摄影受影响。

属于第一种情况时,多数是毫安表本身或毫安表电路元件有故障所造成。如:

① 毫安表整流器某一组发生断路或击穿变成半波整流,其指示数值为原来的 0.7 倍。

② 毫安表保护电容或放电器漏电形成分流。

③ 毫安表本身的机械故障等。

属于第二种情况时,多是高压电路发生故障而引起,可能是:

① 电源条件显著变坏,在 X 线发生时比往常有较大的压降,引起管电流的减小。

② 高压整流器有一臂损坏开路,单相桥式全波整流电路变成半波整流,毫安值为原来的 0.7 倍。

③ X 线管灯丝电路发生故障,使 X 线管灯丝加热管电流下降。

④ X 线管使用日久,灯丝衰老,发射率下降。

⑤ 全波高压整流电路中,电容电流补偿器部分短路,形成分流。

【故障排除】 对于第一种情况可更换毫安表,如果是毫安表整流器损坏,应更换新品,只要其中有一个二极管短路或断路,都是不能使用的;属于第二种情况时,先检查电源情况,当 X 线发生时电压降变化,必要时打开高压变压器,检查高压整流器,测量 X 线管灯丝加热电路,检查和测试 X 线管,以排除 X 线管灯丝衰老、发射率下降问题。

(2) 毫安表指数较往常偏高

【故障分析】 在指数偏高的同时有两种情况:一是 X 线强度与透视和摄影效果未有显著增强;二是在毫安表指数偏高的同时,其透视和摄影效果也随之增强。

如是属于第一种情况时多数是毫安表本身或毫安表电路元件发生故

障,如在整流电路中电容的问题或毫安表分流电阻断路,使电流全部进入表内动圈。另外,表内可动部分失去平衡,过度灵活。

如是第二种情况则可能是:

- ① 电源频率增高,使 X 线管灯丝电压升高,管电流增大。
- ② 灯丝一次侧控制电阻局部短路或调节夹子位移。

【故障排除】 如果属于第一种情况,要检查在毫安表整流电路中电阻是否断路,毫安表本身的机械故障;属于第二种情况,要测量电源频率,检查灯丝电阻局部是否有短路现象以及调节夹子移位或松动。

(3) 毫安表指针颤动

【故障分析】 在高压发生时,毫安表指针颤动,显示指针变粗,但 X 线发生正常。这种现象可能是:

- ① 表内轴尖与轴座过松或游丝问题。
- ② 表内测量机构固有频率与转矩频率共振或指针平衡锤松脱。
- ③ 含有交流成分的电流进入直流毫安表,如在自整流电路中,当 X 线管轻微漏气时,由于产生电离后的正离子轰击阴极形成逆电流,此时可見到毫安表指针颤动而明显变粗。

【故障排除】 打开毫安表检查机械部分,轴尖与轴座是否过松、游丝问题等,如果 X 线管有轻微漏气时,也可以出现这种现象,可以重新训练 X 线管,有时会得到一些改善,必要时更换新的 X 线管。

(4) 毫安表无指示

【故障分析】 透视与摄影效果正常,但无指示。当高压发生时,可听到毫安表接线处有放电声。这种情况的原因有:

- ① 毫安表电路中有断路、短路现象。此时电流虽然不经毫安表,但仍构成通路,故有 X 线发生。
- ② 毫安表本身动圈断路、游丝烧断或脱焊。
- ③ 与毫安表并接的保护电容器或放电管击穿短路。

【故障排除】 首先检查毫安表本身是否正常,先排除机械故障,再查找短路和断路问题,检查毫安表电路中的电容器、放电管是否被击穿,发现损坏时更换新品。

2. X 线球管故障分析

【故障现象 1】 无灯丝加热保护的 X 线发生器,其他工作正常,但曝

光时无 X 线,毫安表无指示。

【故障分析】 X 线球管灯丝断路,灯丝使用寿命已到;灯丝加热电压过高,调节电流时因错误提高电压等烧断灯丝;灌注电缆头时大小焦点引线焊接错, X 线球管大量进气等。

【故障排除】 观察灯丝是否点亮,测量灯丝加热初级电压高于正常值,去掉电缆,用万用表测量灯丝通路情况,断路时阻值无穷大,灯丝断路无法修复,只能更换 X 线球管。

【故障现象 2】 有灯丝加热保护的 X 线发生器,保护电路工作,不能曝光。

【故障分析】 X 线球管灯丝断路,灯丝使用寿命已到;灯丝加热电压过高、调节电流时错误提高电压等烧断灯丝,灌注电缆头时大小焦点引线焊接错, X 线球管大量进气等。

【故障排除】 观察灯丝是否点亮,测量灯丝加热初级电压高于正常值;去掉电缆,用万用表测量灯丝通路情况,断路时阻值无穷大,灯丝断路无法修复,只能更换 X 线球管。

【故障现象 3】 X 线照片感光不足,且清晰度降低。

【故障分析】 阳极靶面损坏,散热不好,造成阳极过热使焦点面损坏;过载保护失效,造成超负荷使用,或使用不当,即连续高负荷使用等,致使焦点面热量累积超过允许极限,焦点面熔化,旋转阳极 X 线球管的启动电路故障或定子、转子故障曝光时阳极转速低或不转,瞬时损坏靶面。

【故障排除】 在 X 线球管灯丝点亮的情况下,从射出窗观察阳极靶面,立即判断阳极是否损坏,若 X 线球管的玻璃壁上由于阳极蒸发镀上了金属层,也不能直接观察到靶面,有这种现象也可断定阳极靶有严重蒸发,可能已损坏,阳极靶面损坏不能修复,只能更换 X 线球管。

【故障现象 4】 电流指示偏高且不稳定。

【故障分析】 真空度轻微降低,在新 X 线臂或长时间未使用的 X 线球管,刚开始使用时可能出现该故障,此属 X 线球管本身质量问题。

【故障排除】 出现该故障时,在透视情况下,从低电流低压开始训练 X 线球管,经老化训练后可继续使用,最好每天使用前在 2 mA 挡位从低电压开始逐渐升高电压训练,有利提高其真空度。

【故障现象 5】 X线穿透不足电压越增加越明显。

【故障分析】 真空度降低, X线管本身质量问题;长期使用,靶和灯丝蒸发使管内真空度低下。

【故障排除】 进行冷高压试验,观察有否辉光现象,该故障可见微弱的辉光,若在X线管壁上有较厚的金属层,证明该管已不能继续使用,或呈金属层附于管壁,属X线管本身质量不好,也不能使用必须更换。

【故障现象 6】 电流指示满度或指针颤动,电压降大过载声大,过载保护工作,熔丝熔断。

【故障分析】 严重真空度下降,超负荷使用,X线球管质量不好;长期使用,靶和灯丝自然蒸发,操作不当使X线球管强烈受振或绝缘油绝缘度下降,油内有杂质通高压时放电等致使X线球管管壁产生裂隙,大量进气。

【故障排除】 如有两个工作台(即两个X线球管),交换至另一台试验,另一台正常,取下X线球管两侧高压电缆插头(不要完全取出插座),有灯丝加热保护的得采取措施不让保护电路工作,在低电流和低电压下曝光试验,能很快判断肯定X线球管严重漏气,该故障无法修复,只能更换X线球管。

3. X线管安全保护电路的常见故障及排除

(1) 容量保护电路故障

采样信号不能精确反映kV、mA、s等相关数值,执行电路工作不正常以及容量保护继电器线圈断路、触点接触不良等。

(2) 定子绕组的故障

定子绕组是由启动线圈和运转线圈组成的,封装于X线管内。绕组的三根引出线经高压发生器端盖上接线柱与控制台的启动电路相连。出现的故障多为开路或短路:开路是由于接线断开所致。短路可有两种:X线管管套上的定子线圈接线柱对地局部短路或绝缘破坏而短路。

(3) 剖相电容器的故障

① 电容器击穿或开路,旋转磁场就不能产生足够的启动力矩,使阳极不能正常转动。

② 电容器漏电,启动电流和运转电流都将变小,使启动运转力矩减小,X线管转速降低。转速降低表现不明显,但对X线管有较大威胁,所

以在工作中若发现旋转阳极转速有明显降低,摩擦声变大,定子断电后的自转时间明显缩短,应对电容器进行检查。

4. F99-I型X线机限时电路故障及排除

(1) 原理分析

本机是采用普通晶闸管无触点开关同步限时电路。如图5-17,主晶闸管VH1、VH2按反向并联连接在摄影高压一次侧回路中。在摄影开始瞬间,当交流电压过零时由触发电路输出一恒定直流触发信号加于VH1、VH2的控制极而使两个晶闸管交替导通,曝光开始,限时到达后,触发信号断开,主晶闸管在交流电过零时自动关断,曝光终止。

(2) 结构组成

图5-19的电路是由直流稳压电源、同步信号发生器、限时电路和触发电路共四部分组成:

① 稳压电路由T2的30V绕组、VT4、VT3等构成串联稳压电路,

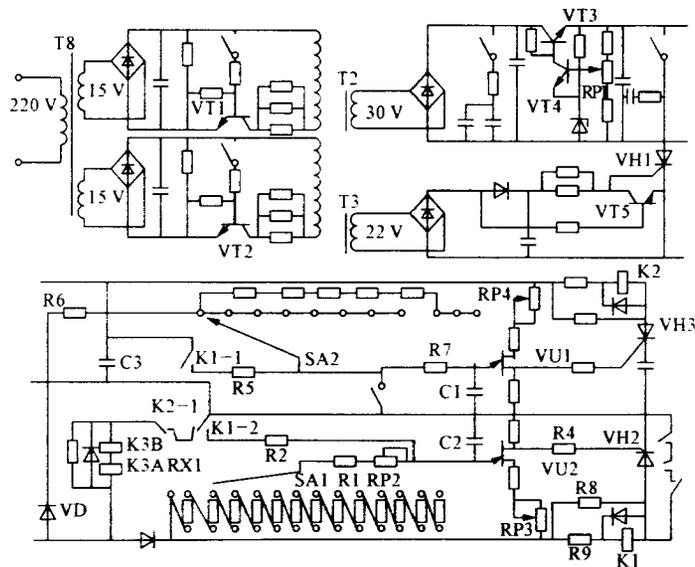


图5-19 F99-I型X线机限时器电路

输出稳定的 25 V 直流电压作为限时电路电源, 调节 RP1 可校准输出电压。

同步信号发生器是由电源变压器 T3 的 22 V 绕组、VH1、VT5 等构成。从 VT5 集电极将输出一系列过零脉冲送到 VH1 控制极, 由于其阳极电压未加上, 该晶闸管处于触而不通。

② 限时电路由主限时电路和过时保护电路组成, 它们的电路结构基本相似, 主限时电路由 VF2、VH2 等构成, 过时保护电路由 VF1、VH3 等构成, 它们都是利用 RC 充电延时原理, 使电容器端电压达到单结晶体管发射极的峰点电压后导通, 从而切断高压, 达到限时的目的。

③ 触发电路由两组构成, 主要器件有: T1 的两组 15 V 交流绕组、VT1、VT2 等。当曝光继电器 K3A、K3B 工作, 两组触发电路将同时输出一恒定直流电压分别加到两个主晶闸管的控制极而交替导通。

(3) 限时器的调整(如图 5-20)

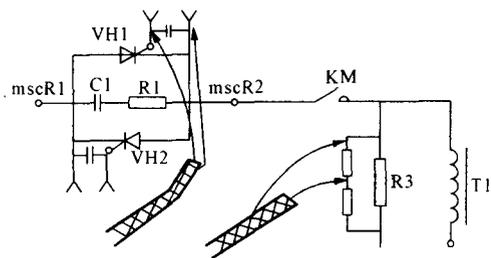


图 5-20 短时间测量电路接线图

该电路能自动保证在交流电过零附近接入高压, 无需严格进行高压接入相位的调整, 只需要对两套限时器的时限精度进行调整即可。调整过程中, 应将高压变压器的一次侧断开。主限时器的调整, 限时时间由 0.025~5 s 共分 23 挡, 而 0.02~0.1 s 这五挡, 由于调节晶闸管触发信号的关断位置及时间误差要求严格, 所以要在长余辉示波器的观测之下进行调整; 0.12~5 s 则用数字毫秒计或使用 401 型电秒表进行测定。

在做 0.02~0.1 s 时间校准时, 要用长余辉双线示波器, 使用时要注意外壳与人体不要接触, 并站在绝缘垫上以免发生触电。将示波器设置

I 转至“扫描时间 100 ms”与 0.3 s 之间, “触发选择”转到“自动”, X 轴选择到扫描位置, 经 3 min 预热后调亮度, 使横直线长度约为 20 cm, 然后调节 II, 使屏幕上的两条直线相距 3 cm, 置 I 转至“AC”输入 II 转至“DC”, 量程放至(2 V/cm), 将控制台摄影管电流和管电压调至最低(25 mA、50 kV), 接入测试电路。

(4) 0.12~5 s 时间的校准

将摄影管电压调至 50 kV, 将数字毫秒表接至电阻 R3 的两端, 开机测试各挡时间, 其误差应不大于 ±10%, 若超过应重新调整电位器 RP3, 达到后锁紧。

对过时保护电路的调整: 将主限时器中电容器 C2 短接, 按表 5-1 调整电位器 R61, 各挡误差均小于 ±10% 后锁紧。

表 5-1 过时保护电路调整表

限时范围 s	0.02~0.2	0.25~0.3	0.4	0.5~0.6	0.8~2	2.5~5
标称时间/s	0.24	0.36	0.48	0.8	2.3	6.0

(5) 限时器的故障分析

【故障现象 1】 限时器不工作, 不能切断高压。

【故障分析】 出现这种故障现象的原因有: 由于时间选择开关 SA1 接触不良或充电回路中有虚焊、脱焊等现象, 使 C2 或 C1 充电回路不通; 个别限时电阻损坏开路; 晶闸管 VH2、VH3 损坏不导通; K1 或 K2 不吸合使 K3A、K3B 不释放; 由于 K1、K2 是接插件, 如接插脚接触不良而致不工作; 电容器 C2、C1 变质损坏; 单结晶体管 VU2、VU1 损坏。上述情况都是在限时器故障中较常见的。

【故障排除】 首先检查时间选择开关 SA1 接触情况, 有无虚焊、脱焊现象; 检查相关的接插件及线路有无断路的现象; 测量限时器电路板单结晶体管是否损坏, 电容器 C2、C1 容量是否有变化。

【故障现象 2】 摄影时间不准。

【故障分析】 限时器电路中可调电位器阻值变化, 调整的位置变动; 对于有两套限时器电路的可能是第一套限时器不工作, 只有第二套限时器工作。

【故障排除】 这种故障有时通过调节可以解决,如在 0.1 s 以下各挡普遍延长或缩短时可调节电位器 RP2;如在 0.1 s 以上各挡普遍延长或缩短时可调节电位器 RP3;第二套限时器共分六挡,如误差较大可调节电位器 RP4 加以修正。当限时器只有数挡时,则是由于第一套限时器不工作而由第二套限时器控制时间的原因。因此,对这部分检修最重要的是要先分析故障的现象,然后再去实际检查逐一排除。

以上是北京产 F99-I 型 X 线机限时器为例介绍了其原理及常见故障的分析。除此之外,还有单相全波集成电路晶闸管限时器、三相 12 波集成电路晶闸管限时器、三相四极管控制限时器。

第三节 X 线机的故障维修实例

一、F99-I 型 500 mA X 线机故障维修实例

以北京医用射线机厂生产的 F99-I 型 500 mA X 线机为例,介绍典型故障分析及故障排除方法。

1. 无 X 线发生

【故障分析】 此种故障可能涉及高压部分、电源部分和控制部分的问题,要结合实际情况进行具体分析。

首先要检查整机电源部分是否正常,熔断器是否烧坏,电源电压是否可调;其次是检查技术选择开关是否可控;最后检查控制部分是否正常。通过这些步骤的检查可以初步判断故障所在部分。此时,可以将高压一次侧连接线拆下,将电流和电压调至最低,限时器调至 0.5 s,进行曝光试验,来检查曝光控制程序是否正常,如果不正常,则应该按照系统控制程序逐级检查,如果曝光程序正常时,可在高压一次侧连接一个假负载或电压表,来观察输出情况。经过检查,发现输出不正常,无电压输出。说明是控制系统有故障,按控制系统再分析,逐步将故障范围缩小。

【故障排除】 当初步断定是控制系统旋转阳极启动保护电路的问题时,就要按照机器提供的技术资料进行查找。在普通摄影中,当手闸接通后,旋转阳极启动电路中的摄影准备接触器 KM4 或 KM5 触点接通工作,同时使 KM6 延时继电器得电吸合工作,交流电加于旋转阳极定子绕组,

旋转阳极启动,灯丝增温,使得旋转阳极启动保护电路中的三个互感器 T1、T2、T3 感应出 10 V 左右的电压,经过延时电容 C1 经由 R8 开始充电,经 1.2 s 后是单结晶体管导通,继而使 VT1 导通,继电器 K1 工作,接点 2、8 闭合。当按下手闸第二挡时,曝光开始,限时器开始工作,当摄影完毕后 KM6 失电,快速接点 11、12 断开,因此时电源经 KM6 的 21、22 和 23、24 常闭接点,由二极管 VD1 整流产生一个脉动直流,流经电机的工作绕组,以便产生一个制动力矩,使旋转阳极迅速停止转动。这是一个普通摄影曝光过程。

在检查中发现,当按下手闸后摄影准备接触器工作,此时延时继电器 KM6 没有同时工作。这就造成旋转阳极不能得电工作,使之不能曝光。测量 KM6 继电器线圈两端电压有电,关掉机器测量 KM6 继电器绕组阻值无穷大,说明 KM6 继电器绕组断路。更换新品后故障排除,机器恢复正常。

2. X 线发生时有时无

【故障分析】 针对 X 线发生时有时无的现象分析,这是一种接触性故障。

① 电源部分:供给控制系统电源有接触不良现象,使某些控制电路工作不稳定。

② 高压部分:先考虑 X 线球管部分,检查 X 线球管灯丝是否正常燃亮,检查高压电缆有无异常现象,包括高压电缆插头、插座以及连接情况。

③ 控制部分:先将控制台中高压一次侧 P1、P2 端子断开,连接一只 220 V/100 W 灯泡,进行普通摄影曝光试验,检测机器曝光控制系统工作程序是否正常,按照机器曝光控制程序观察实际现象,如果当按下手闸后,只有摄影准备继电器工作,其余均无动作和反应时,需要在控制系统查找摄影准备继电器工作后,同时工作的 KM6 是否工作,如果按下手闸后旋转阳极启动运转正常,但是不能曝光,无 1.2 s 延时继电器工作,说明旋转阳极启动保护电路系统还有故障,应该检查旋转阳极启动保护电路中启动电压、电流互感器和 X 线管灯丝电流互感器是否有 10 V 左右电压。

【故障排除】 此故障相应的处理方法如下:

① 打开X线球管窗口,检查X线球管灯丝是否能正常燃亮,旋转阳极靶面是否有被高压打坏的现象,检查高压电缆与X线球管和高压发生器连接情况,用万用表 $R \times 1 \text{ k}\Omega$ 挡测量高压电缆是否有短路和断路,测量高压发生器内部交换开关切换接触和线路连接情况,必要时打开高压变压器检查。

② 按照系统控制线路,查找系统控制中断的位置的器件,按下手闸第一挡摄影准备继电器KM4工作并自持,X线管灯丝增温,1.2s后启动保护电路K1工作,测量其2、8点接触;按手闸第二挡摄影继电器KM3应该工作,(I台KM1、II台KM2接点闭合)上闸继电器K4工作,触发晶闸管导通,曝光开始,经延时后,下闸继电器K5工作,使KM4、KM3失电,电路恢复起始状态。要检查上述曝光步骤,如果无1.2s延时继电器工作,要查找这种故障现象,说明X线管旋转阳极启动保护电路没有问题。问题出现在高压部分,X线管灯丝电路有问题,在检查X线管灯丝是否亮时,是将X线管向右旋转观察,结果是正常的X线管灯丝亮着;当将X线管向左旋转观察时,X线管灯丝就不亮了。这就造成了X线发生时有时无的现象。说明X线管阴极高压电缆有断路现象,造成X线管灯丝不亮,无X线发生。经过重新灌注高压电缆插头或更换新品后,故障排除,机器恢复正常。

3. 毫安表指示到头

【故障分析】 这种故障现象考虑到是高压部分的问题,首先检查X线管灯丝是否点亮,在转动X线管时,内部如果有异常声响,则说明X线管已被击穿损坏;检查插头有无裂缝、拉弧现象;检查高压电缆有无击穿现象;打开机器时,高压发生器有无异常声响,温度是否正常等。

【故障排除】 对于高压系统的故障排除难度不是很大,因为故障比较容易发现。但在具体的故障修理中必须仔细认真,若是X线管损坏就要更换新管;若是高压电缆被击穿就要重新灌注高压电缆插头或更换新的高压电缆。

4. 高压电缆与插头的连接方法

首先将高压电缆头端按插头尺寸剥制,使之露出芯线、绝缘橡胶、半导体层和金属网。将三根金属牵引线穿过插头中间的小孔,与高压电缆的相应芯线焊好,并套上绝缘套管,再将绝缘充填液体(体积为松香

90%、变压器油10%),加温至 80°C ,徐徐倒入插头内,然后,轻轻将电缆头部拉入,待冷却后剪去多余的引线部分与触头焊接牢固,最后将接地环有金属屏蔽层用锡焊接。在灌注过程中一定要把空气从插头内排除,否则会发生电离,使绝缘剂分解而引起击穿。

二、数字化移动式X线机故障维修实例

以IMD公司Radius系列数字化移动式X线为例,介绍典型故障及排除方法。

Radius系列数字化移动式X线机电源电路主要由主变压器和电源控制板组成,它提供整个系统所需的所有电压,因此电源电路的故障也是最多的部位之一,由于电源电路出现故障会引起其他系统的损坏或使其他系统不能工作,电源电路的故障是首先要考虑的,下面以具体实例说明。

【故障现象1】 打开钥匙开关,电源指示灯不亮,系统未得电,没有任何反应。

【故障分析】 参阅附录图PG01,由于整个系统未得电,从理论上讲有这么几个方面:第一供电电源未接通;第二种可能是继电器K1未工作;第三种可能是熔丝Fs1或Fs2熔断;第四种可能是安全开关JWK1和JWK2处于开路状态。

【故障排除】 先用直观法,检查电源开关SWL1,安全开关JWK1、JWK2及熔丝是否熔断。断开系统的电源,用数字表测试电源电压,如无电压,检查供电电源;如有电压,将系统接入电源,测量LF1的输入端,是否为220V,如无电压则为电源线断路,如有,然后测量LF1输出端电压,无电压则为LF1损坏,有电压为后续电路故障;测量CP1(1/3),如无电压,则为电源线开路,如有电压,测量TR1输入是否有电压,没有则为熔丝Fs1的故障,如有,测量桥式整流Pd1的输入端,如无电压,则为Fs2及电源线的故障;否则为Pd1或稳压电源模块PG1的故障。经查为PG1输出端虚焊,重新焊接,系统恢复正常。

【故障现象2】 打开系统钥匙,开机灯亮,按下开机按钮,不能正常得电。

【故障分析】 参阅附录图PG01,由于开机,开机灯亮,从电路分析上有这么几个方面:第一可能是热保护开关TC1-R1、TC2-R2未导通;第

二种可能是继电器 K1 未工作;第三种可能是 K2 继电器故障;第四种可能是 K3、K4 继电器故障。

【故障排除】 先用直观法,开机,检验 B20 板上的指示灯情况,由于开机灯亮,则+24 V 电源正常,检查 LD1、LD3 是否亮,如同时亮起,则故障可能是 TR1 或电源线路的故障;如灯未亮,则故障可能在安全开关 JWK1、JWK2 及 K1、K2、K3、K4 继电器上。经查为由于 CP4(1/2)接触不良,导致系统不能正常得电。

【故障现象 3】 开机控制台工作正常,电监视器及图像处理系统未得电。

【故障分析】 参阅附录图 PG01,由于开机,控制台工作正常,从电路分析上有这么几个方面:第一是监视器和图像处理系统的公共电源线开路;第二种可能是熔丝 Fs3、Fs4 熔断。

【故障处理】 先用直观法检查熔丝 Fs3、Fs4,有熔断,更换,然后开机,仍未得电,测量 CP5(1/3)有无 230 V 电压,没有电压,故障在电源线上。经查为电源线断路,导致系统不能正常得电。

三、移动式 X 线机故障维修实例

【故障现象 1】 开机正常,踩下透视脚闸,控制台显示“KV OUT”。

【故障分析】 由于开机正常,电源方面的故障不可能存在,因此故障可能的部位有以下几处:高频逆变器、高频逆变器的供电电路,或可能是球管高压回路有故障。

【故障排除】 首先判定高频逆变器的供电电路,用直观法和测量法检查熔丝 F2、F1 及相关电路是否导通,开机,检验 TB1(3/4)电压是否为 220 V,无电压,故障来自电源电路,进一步检查 EF01 的 CP1(1/3),如无电压,则为该部位电源断开,如有,测量高频逆变器输入端 M1(1/2),如无电压,检查 K1 继电器和热保护开关 TC2 及 TC1,如有对高频逆变器的输出,采用数字示波器进行检查,如没有 20 kHz 输出信号,则故障出现在高频逆变器上,有输出信号,故障在组合球管中。经查由于开关继电器 K1 损坏,热保护起作用,导致高压无输出。

【故障现象 2】 开机正常,踩下透视脚闸,出现报警,控制台显示“FILAMENT OFF”。

【故障分析】 由于开机正常,电源方面的故障不可能存在,因此故障

可能的部位有以下几处: X 线球管灯丝故障、B2 板、400 Hz 电源供电电路或 S19 板故障。

【故障排除】 先判定灯丝的供电电路,见附录图 PG04,用数字示波器测量 S17 板上的 CP1-3/CP1-2(小焦点)、CP1-1/CP1-3(小焦点)有无电压,如无则为 B2 板上的故障。如有,则 B2 板无故障,进一步用双踪示波器测量 S17 板上的 CP1(7/9)、CP1(6/7)是否水平对称,如不对称,则为组合机头故障;如对称则为 S19 板检测电路的故障。组合机头中示波器上显示不对称,估计灯丝变压器、T3 性能下降。更换球管后正常。

【故障现象 3】 第一次开机正常,当第二次开机时,C 臂向上运动,不能停止。

【故障分析】 由于是 C 臂向上运动,不能停止,因此故障范围很小,故障只可能在 B1 板、S26 板和 B6 板上。

【故障排除】 先判定是否是 B6 板故障,在不开机时,用万用表的电阻档检查线路是否正常,然后判断是否是 B1 板问题,测量 CP3 输出电压是否正常,如正常则为 S26 故障,否则为 B1 板故障。在测量时,发现 CP3(1)总有一个电压,因此断定故障在 B1 板。最后发现,在 B0 的接线座 CF1 上的 4 和 5 由于质量原因发生短路,致使 24 V 电压总给 B1 板,因此出现上述故障。

【故障现象 4】 开机正常,透视和摄影也正常,当 C 臂向上运动,S26 板上熔丝 F1 总熔断。

【故障分析】 由于是 C 臂向上运动,S26 板上熔丝 F1 总熔断,因此断定故障有两方面,一是电机或机械故障,另一个是 S26 板有过流问题。

【故障排除】 先将电机断开,开机,所有的操作正常,因此排除 S26 板问题,在检查中发现,当用力抬 C 臂时,能正常工作,断定为机械故障。拆开发现,由于运输时碰撞,上升立柱不在中心,是机械故障,在移动式 X 线机中,这类故障是最多的,由于频繁的活动,会使其磨损或碰撞时有发生,此外电机也是故障率出现比较高的部件。

第六章

B型超声波诊断设备的维修

第一节 B型超声波诊断设备的
结构组成与工作原理

一、B型超声诊断仪的结构组成

B型超声诊断仪的种类很多,性能、功能、具体结构各异,但其基本电路结构一般包括探头、发射和接收系统、数字扫描变换器、系统控制和图像显示器等,如图6-1所示。

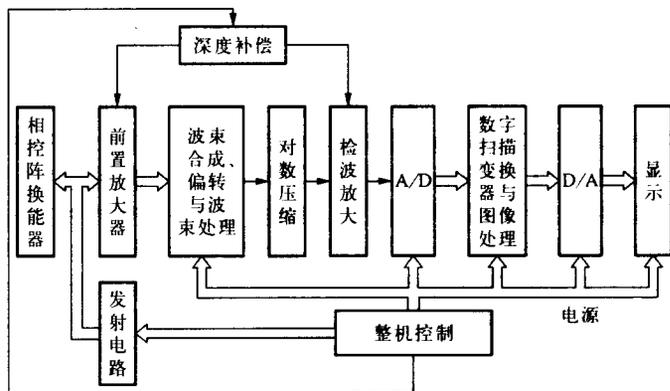


图 6-1 典型的相控阵 B 超原理框图

1. 超声波发射电路

① 发射多路转换开关(脉冲分配器)。B超中阵元数多达数十个至上千个,而发射聚焦延迟脉冲个数有限,显然,不能直接将发射聚焦延时脉冲用来触发发射脉冲产生电信号,因此设置发射多路转换开关,分组触发发射脉冲产生电信号。

② 发射脉冲电路。聚焦延时电路输出的延时脉冲是逻辑信号,不能直接激励探头的阵元,使之产生超声振荡,而是将这一逻辑脉冲转换成—个幅度、宽度、功率都满足阵元产生超声振荡的脉冲。发射脉冲电路,就是完成这一转换,实质上,发射脉冲电路是一个高功率、高速度、高稳定的电子开关,它输出的脉冲为单极性电压脉冲,幅度一般在 120 V 左右。

2. 超声接收和预处理电路

超声接收和预处理电路,主要由前置放大器、接受多路转换开关、可变孔径电路、接收相位调整电路、增益控制与动态滤波、对数放大器、检波电路和勾边电路组成。调整电路以后的部分称为预处理电路,其主要作用是接收探头阵元信号并对该信号进行放大、预处理,使超声信号携带的生物信息最大限度地显示出来。

3. 数字扫描变换器

数字扫描变换器实质上就是一个带有图像存储器的数字计算机系统,但又不是以 CPU 为中心的系统安排结构。图像存储器有单独的读写地址发生器,与 CPU 不发生直接联系(不受 CPU 控制)。一个数字扫描变换器(DSC)系统不仅仅是作为扫描变换器件,它同时还包括前处理与后处理部分,即具有较强的信号处理功能,此时,可称为数字扫描处理器(DSP)。采用 DSP 技术的 B 超仪,不仅能用标准电视的方法显示清晰的动态图像,而且提供了强大的图像处理功能。

4. 系统控制器

B 超诊断仪是一个较为复杂的电子测量仪器,要使各部分电路有条不紊地工作,必须对整机进行有序协调地控制。在发射多组动态聚焦、可变孔径接收、信号相关处理、数据差补、TV 显示等问题时有许多控制信号,这些控制信号都来自 CPU。CPU 在程序控制下,发出各种控制信号,并接受键盘命令,从而完成超声的发射、接收、存储以及 DSC 处理的各种任务。

二、B型超声诊断设备的工作原理

从图 6-2 可以看出,由 DSC 将控制信号送到发射/接收单元,控制发射/接收单元产生发射触发脉冲并将其送至探头,探头将接收回波送回发射/接收单元,接收回波在发射/接收单元受面板上的增益及灵敏度时间控制 STC 的调整,回波经放大检波为回波视频再到 DSC,回波视频在 DSC 处理成为全电视信号输出给监视器(受面板上信息开关控制)。SSD-210XII B 超的基本工作原理框图如图 6-3 所示:

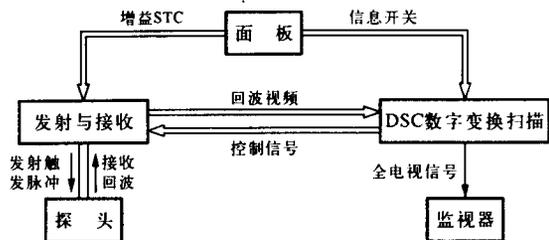


图 6-2 B 超基本框图

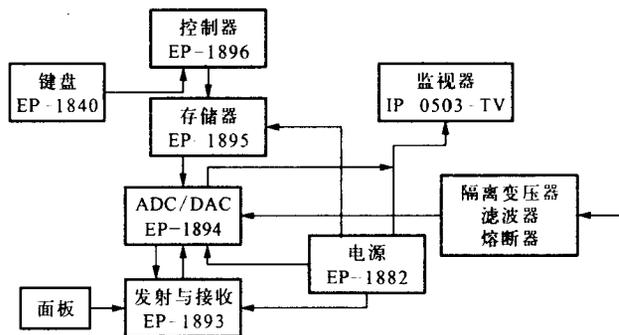


图 6-3 SSD-210X I 型基本框图

图 6-4 是 B 超整机的系统框图,显示了 B 超机的整个电路原理及工作流程。由晶体振荡器开始,自阵列换能器发射和接收信号后通过多路转换开关到前置放大器和 TX 放大器连接到相位控制、加法器、焦点选择、延迟线和振荡器后到对数放大器,再通过检波到视频放大,将此时的

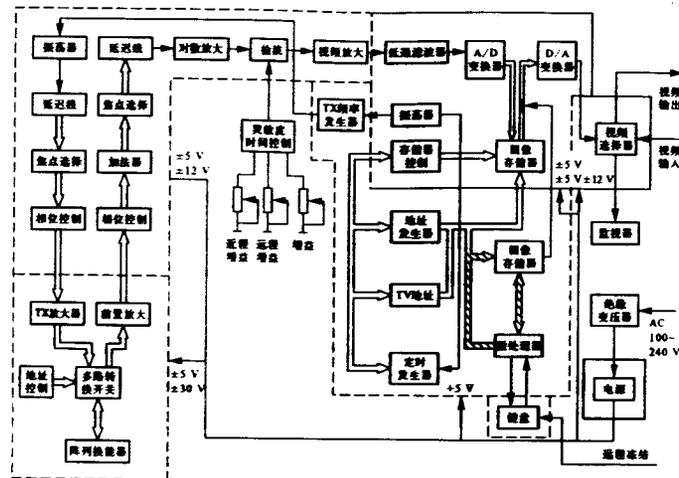


图 6-4 SSD-210XII 型 B 超系统框图

信号通过低通滤波器,经过 A/D 转换器到图像存储器、图像控制器,还有地址发生器、定时发生器、TX 发生器等,经过微处理器后再送给 D/A 转换器接到视频选择器,由视频选择器输出给监视器,显示超声波图像。

在系统框图中按信号流程可以看出更为具体的工作过程:

(1) 发射

由晶体振荡器—发射定时发生器—短脉冲群振荡器—延迟线—焦点选择—相位控制—发射放大器—地址控制器—复式交换—线阵换能器—(人体)。

(2) 接收

(人体)—线阵换能器和地址控制—复式交换—接收放大器—相位控制—加法器—焦点选择—延迟线—对数放大器和增益、STC—检波—视频放大器—低通滤波—A/D 变换—图像存储器。

(3) 显像

图像存储器和图表存储器—D/A 变换和视频输入—视频输出和视频自动选择—监视器。

(4) 定时

晶体管振荡器—存储器控制、TV 地址、定时发生器。

计时发生器—存储器控制和地址定时及 TV 地址—图像存储器和图表存储器。

(5) 控制

(操作者)和遥控冻结—键盘—MPU—地址总线 and 数据总线—图表存储器。

(6) 电源

AC100~240 V—降压变换—电源供给—各电路板。

三、CY-140 型机械扇形扫描诊断设备

1. 概述

扇形扫描不同于线性扫描模式,它借助于机械传动直接改变换能器在空间的位置与取向,能以小的透视孔径(透声窗口),避开肋骨对扫查脏器的影响,获得深部大视野的实时图像信息,便于显示切面心脏结构和运动状态的图像。

本设备是我国自行设计生产的一种普及型机械扇形扫描设备,商品名称为超声扇形图像仪,该设备主要用于心血管系统的诊断。

本设备采用立式机械扇形扫描换能器,应用同步伺服原理,实现声、电同步扫描,用电子电路代替角度函数分解器产生正余弦调制信号。优点是扇形光栅均匀稳定,图像几何失真小,由于不需要角度函数分解器,而使换能器结构简化,体积小量轻,操作方便。

本设备可在 B 型扇形图像的任意声束方向上采样,提取 M 型波形。具有图像测量, R 波瞬时触发和延迟触发冻结。显示模式有 B+ECG、M+ECG。M 型和 ECG 波形均系推移显示模式,具有 256 K 位存储容量的图像冻结装置,便于观察、记录和测量实时的图像。本设备接收放大大部分采用了宽带对数放大器和高灰阶显像管。

2. 主要参数

工作频率: (3.0 ± 0.2) MHz

图像帧数: 33 帧/s

扫查角度: 84°

焦距: 70~75 mm

探测深度: 100 mm, 160 mm 两挡

扫查线数: 104 线(B 型)

208 线(M 型)

1 024 点(ECG)

分辨率: 纵向 < 2 mm, 横向 < 3 mm(焦点处)

显示方式: B+ECG, M+ECG

灰度级: 16

测量精度: B 型距离误差 < 1 mm

M 型距离误差 < 2 mm

时间测量误差 < 1.5 mm

重复频率: 3.75 kHz

存储容量: B 型 $512 \times 128 \times 4$ bit

M 型 $256 \times 256 \times 4$ bit

ECG 8×100

TGC 特性: 近场抑制 0~60 dB

远场抑制 0~3 dB/cm

电源电压: (220 ± 22) V

耗电: ≤ 180 VA

3. 工作原理

CY-140 型机械扇形扫描诊断设备的工作框图如图 6-5 所示。

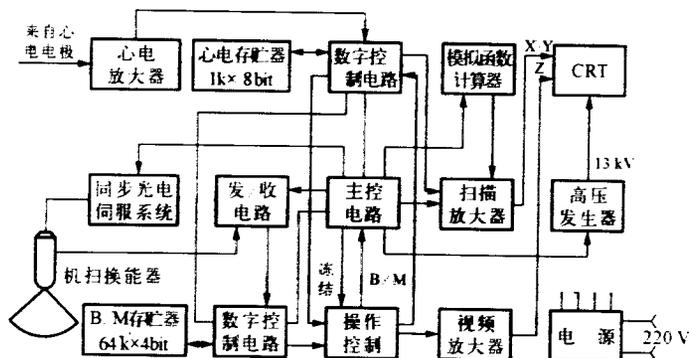


图 6-5 CY-140 型机械扇形扫描诊断设备的工作框图

设备由主控电路产生同步指令脉冲协调各部分工作,同步光电伺服系统驱动步进电机,带动传动机构,使换能器中振子按一定角度来回摆动,发射声束在体内形成相应角度的扇形扫查面,实现声电扇形同步扫描;同步模拟函数计算器产生与换能器振子摆动位置相对应的正余弦调制信号,调制扫描放大器形成扇形光栅。

用光电伺服系统和同步模拟函数计算器代替角度分解器以形成正余弦调制信号,这种方式与采用角度函数分解器(如正余弦旋转变压器、正余弦旋转电位器)相比,具有扇形光栅均匀稳定、图像几何失真小等优点。

本设备单元超声换能器的振子浸没于透声液体中,以单元振子摆动方式工作,由步进电机带动传动机构。这种电机在严格地按设计步距转位后,就暂时静止在某一方位,这时超声脉冲与接收回波信息都在振子方位固定的静止状态下进行,可避免信号丢失与回波混杂。

任意位置的回波信号经接收放大、数控电路后送入存储器由光电伺服同步函数系统自动锁定扫角瞬时位置,回波信号同步显示在 CRT 屏幕上,每 30 ms(约为一次心跳时间的 1/30)完成一帧图像的扫查和显示。每两幅图像相隔时间为 1/30 s,这个时间已接近人眼视觉暂留时间(约为 10 ms 左右),可观察到脏器动态的实时图像,闪烁感不很大(帧频达 50 以上时才能完全消除闪烁感)。在机械扇扫中最大探测深度,每帧图像的信息线数以及每秒成像帧数的乘积为一常数(声速),所以一般模拟电路难以实现插补扫描,完全消除闪烁感比较困难。

设备带有 ECG 通道,ECG 信号经放大处理存贮后送至扫描放大器,推动 CRT 偏转显示 ECG 或冻结 ECG。

第二节 B型超声波诊断设备的故障维修

一、B型超声波诊断设备的故障维修方法

1. B超机的整体检查

(1) 外观检查

机器外壳是否有外伤或碰坏,检查连接线连接情况,有无受潮现象,灰尘多时应用除尘器吹干净。

(2) 电源部分检查

根据表 6-1 检查整机电源工作是否正常,测量其电压是否符合标称电压值。如果测量到某一路电源不正常,则应断开该部分连接插头(也就是断开负载),再测量这部分电源电压值,以判断是电源本身有问题还是负载其他电路有故障,这样可以大大缩短查找故障的时间。

表 6-1 电 源

接线端子	直流电压	供 给	
J102 3pin 4	-5 V GND	晶体管、厚膜逻辑电路运算放大器	EP-1893C EP-1671-1 EP1672-1 (UST-5020)
J102 1 4	-5 V GND	厚膜逻辑电路运算放大器	
J102 2 4	+12 V GND	厚膜电路	EP-1893C
J102 7 4	-12 V GND		
J102 5 4	+30 V GND	复合厚膜电路	EP-1671-1 EP-1672-1 (UST-5020)
J102 9 4	-30 V GND		
J102 1 6	-5 V GND	A、D、D/A 变压器、晶体管、运算放大器	EP-1894
J201 5 6	-5 V GND	A、D、D/A 变压器、晶体管、运算放大器	
J201 2 5	-12 V GND	A、D、D/A 变压器、晶体管	
J301 5 3	-5 V GND	晶体管、晶体管逻辑电路、存储器	EP-1895C
W1 4 3	-12 V GND	TV 监视器	UPC-1366A

(3) 探头检查

首先检查该部分电源情况,即 $\pm 5\text{ V}$ 、 $\pm 30\text{ V}$ 是否正常(J101; H1、

G2、J1、H2；K1、J2、K2、H3)。再检查探头导线插头与机器插座有异常，如果没有发现问题，再检查探头部分，其方法是：在探头上涂耦合剂，然后用一枚硬币直立在探头的探测面自一侧缓慢向另一侧移动，此时，屏幕上应出现一条连续滑动的回波信号，其回波信号不应同时在两个或两个以上位置出现，如果移动到某个位置时其回波异常或没有回波，即说明有故障。当然，如有条件最好的办法是换一只探头测试，探头检查方法如图 6-6 所示。

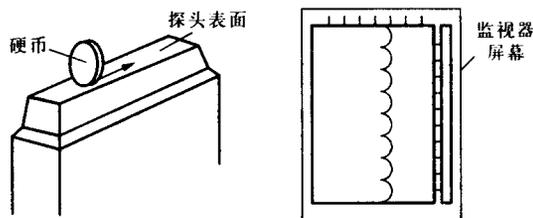


图 6-6 探头检查方法示意图

当确认探头有问题时，如果没有把握，最好不要自己动手修理，因为探头为密封装配，不易拆卸，复原则更难，其内部集成电路 NJH3401 比较难找，探头内的晶片制作精细，稍有不慎就可能造成无法补救的损失，另外，探头的价格很贵，在便携式机器中与主机相比价格在 1:1。

(4) 超声图像处理部分检查

超声图像处理部分一般分为两个单元：即发射/接收单元和 DSC 单元，通过观察这两部分检测，可以很快地判断出是哪一部分的故障。

(5) TV 监视器检查

这部分的检查相对比较容易些，如果还觉得判断困难时，可再找一台监视器用视频电缆连接起来，观察是否有异常来判断故障所在。

2. B超机各部分电路板检查

① 首先要仔细观察电路板上的各种元器件有无异常，如烧坏、断裂、变形等。

② 观察电路板上所有的焊点情况，有无开焊、断裂、印刷线路烧断、腐蚀或受潮现象。

③ 检查电缆线及连接插头插座，是否有断路、短路现象，接触是否良好。

④ 当上述这些方面全部检查后，再去根据故障现象判断和查找相应的电路部分。

3. B超设备故障部位判断

当 B 超出现故障时，首先要将故障范围缩小，也就是判断从显示器里面见到的故障是换能器引起的，还是主机或显示器引起的。其判断的方法是：

1) 用新的探头或好探头接在有故障的 B 超仪上，如果故障消失，则证明是探头故障；如果故障仍存在，而且跟原探头接上时故障的现象一样，则证明原探头是好的。

2) 将主机的视频信号 (VIDEO OUT) 输入到其他好的显示器上，如果原故障消失，则证明原监视器有故障。如果是稍微高级一点的 B 超仪，一般有两个显示部分，其中之一是诊断时医生观察图像用的，另一个小显示器用于照相。我们从观察孔里也能看到显示图像，这时，两个显示器的图像应该是一致的，即正常图像，如果一个显示器显示正常图像另一个显示异常图像，那么，显示异常图像的监视器有故障。

3) 当将探头和显示器的故障情况确定以后，就很容易地判断主机是否有故障。当然大部分是由于主机故障引起的，而且主机电路复杂，信号繁多，相对比较难修理。B 超仪的主机不论大小、型号如何，大体由以下部分组成：接收/发射及模拟信号处理部分，DSC 部分 (数字信号转换部分)，电源部件 (图 6-7)。

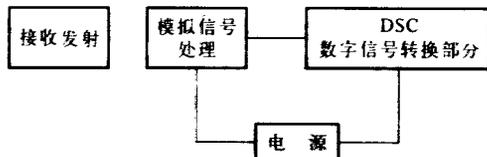


图 6-7 B超仪主机

① 首先要检查电源是否正常。用万用表可以测得，通常有好几组电源，有时是熔断器断了，将电源引起的故障排除在外以后，进入信号电路

部分。

② 电路的前半部分是发射/接收电路和模拟信号处理部分,可以用示波器测量这一部分最后输入到 DSC 部分的信号,同时调节面板增益和 STC 增益,看它的信号变化是否正常,对照正常信号图,如果信号正常,那么可以将故障缩小至 DSC 部分。

③ 当输入的 DSC 信号正常,而输出不正常时,显然是 DSC 部分产生了故障,在主机里面,大部分故障均由 DSC 部分引起,所以对 DSC 还要进行分析。

从图 6-8 可以看到, DSC 大体可以分为三部分:信号通道主要是将回声信号数字化后,进行数字转换、存贮、处理;字符框标部分主要是显示各种诊断需要的字符、框标及刻度等,而这两部分工作均需各种各样的控制信号,同时还要由控制部分将两部分协调叠加起来。

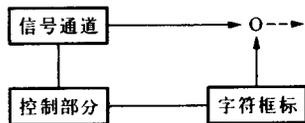


图 6-8 DSC 组成

如果 DSC 出现故障,同样也要将故障压缩到更小的部分里。一般来说,如果显示的框图正常,各框标及刻度测量也正常,仅在回声区有异常,那大部分是信号通道的故障,通过各种信号的测量再进一步确认。

如果有正常回声信号,而在正常回声信号上有异常的字符、框标显示,则一般是字符框标电路故障,同样通过进一步测量再确认。

如果控制部分有故障时,包括 CPU 有故障时,那么信号和字符标记都是异常的,而且显示器上会出现各种各样的不正常显示。控制部分比较复杂修理。

以上介绍的只是一般修理的手段,我们的目的是通过分析电路,通过测量,尽快地将故障压缩到线路板,然后再修理线路板。如果条件允许,有相同型号的 B 超仪,我们可以用线路板交换法,这样可以比较容易地、快速地查出故障,也是一种简便的途径。

二、B 型超声波诊断设备的故障维修

1. 屏幕上无光栅、无图像

【故障分析】 此故障产生的原因有:

- ① $\pm 5\text{ V}$ 、 $\pm 12\text{ V}$ 电源故障。

- ② 全电视信号故障。

- ③ 监视器故障。

【故障排除】 此故障相应的处理方法如下:

- ① 检查电源相应的电压值,测量 $\pm 5\text{ V}$ 、 $\pm 12\text{ V}$ 确认电源电压是否正常。

② 查找全电视信号,最好的办法是另外找一台监视器,用视频电缆连接起来,看是否有全电视信号,如果有全电视信号,而且超声图像正常,则说明是监视器故障;如果还是什么都没有,就应该往前查找视频输出部分。

2. 屏幕上有光栅,但无图像、无灰阶、无刻度

【故障分析】 此故障产生的原因有:

- ① 系统时钟停止。

- ② ADC 电路故障。

- ③ 监视器故障。

【故障排除】 此故障相应的处理方法如下:

① 此种故障现象可以判定监视器行场扫描是正常的,无图像要首先检查视频部分,如果检查监视器本身没有问题,就要检查视频输出是否正常。

- ② 测量系统时钟电路中 IC1G-10、J203-1 测量点波形。

- ③ 查找 ADC 电路。

3. 图像异常扭曲或滚动

【故障分析】 此故障产生的原因有:

- ① 系统时钟不稳。

- ② 全电视信号电平过高或过低。

- ③ TV 信号故障。

【故障排除】 此故障相应的处理方法如下:

造成图像异常扭曲或滚动主要是两个问题:一个是由于系统时钟部分问题造成的,一个是全电视信号电平造成。遇到这两种情况时,还是先查找全电视信号是否正常,用示波器测全电视信号,看有无异常,尤其是电平的高低,然后再找系统时钟问题,应该说故障比较局限。

4. 屏幕有光栅有刻度有灰阶,但无超声图像

【故障分析】 此故障产生的原因有:

- ① -12 V、±30 V 电源故障。
- ② 发射/接收电路故障。
- ③ 图像存储电路故障。
- ④ 探头故障。

【故障排除】 此故障相应的处理方法如下:

① 这种故障从系统电路图中可以分析出无超声图像先不要考虑其他方面是否有问题,应先检查电源是否正常。

② 在保证电源正常的情况下,主要查找属于发射/接收部分电路,这些电路要用示波器测量其波形,测量 J204-1、IC6A-5、IC1A-6 这三个点,然后再查找图像存储电路有无问题,接着测量 IC1A~1D-2,逐级判断。

③ 如果上述的检查都没有发现问题,可考虑探头问题,判断探头好坏的最好办法是找一只型号相同的好探头接上测试,在没有办法的情况下可以打开探头,但要十分小心,以不破坏密封条件为原则,否则,即便是修好了也达不到密封的要求,要慎重考虑选择维修办法。

5. 超声图像某部分灵敏度过低或过高

【故障分析】 此故障产生的原因有:

- ① 发射/接收相位控制电路故障。
- ② 探头故障。

【故障排除】 此故障相应的处理方法如下:

① 超声图像的这种部分灵敏度变化先检查相位控制,测量 IC14-1~9 的波形,通过测量波形再分析可能发生的部位。

② 当判断这部分没有问题时,再查找探头问题,包括探头连接线以及插头部分等,总是要一部分一部分地查找,而不应该找一下相位,没有结果就又去找探头,这样的维修工作量大,反复多。

6. 超声图像灵敏度低

【故障分析】 此故障产生的原因有:

- ① ±30 V 电源故障。
- ② 发射/接收控制电路故障。

③ 接收电路故障。

④ STC 电路故障。

⑤ 探头故障。

【故障排除】 此故障相应的处理方法如下:

① 先测量 ±30 V 电源电压是否正常。

② 如果其电压正常,则接着测量发射/接收电路的 TP15、接收电路 TP10~3 和 STC 电路 TP14 的波形是否正常。

③ 最后考虑探头问题。

7. 探头一被接触干扰就增大

【故障分析】 此故障产生的原因有:

- ① 探头屏蔽不好。
- ② 探头有断线或接触不良。

【故障排除】 此故障相应的处理方法如下:

① 要首先检查探头的连接情况,由于探头经常使用,其连接电缆线是否有折断,尤其是使用时间较长的机器,很容易造成这种故障。

② 检查探头接地是否良好,电缆与探头连接处是否被折断。

8. 超声图像一部分回波泄漏

【故障分析】 此故障产生的原因有:

- ① 地址控制电路故障。
- ② 探头故障。

【故障排除】 此故障相应的处理方法如下:

① 检查上述这两种故障原因时,对地址电路的检查也只能测量波形,主要测量 IC14-1~9 这些部分。

② 当检查上述部分没有发现问题时,可考虑怀疑探头有问题。

9. 超声图像垂直亮线漂移

【故障分析】 此故障产生的原因有:

- ① 发射/接收延迟时间不稳、延迟线故障。
- ② 发射/接收电路故障。
- ③ 探头故障。

【故障排除】 此故障相应的处理方法如下:

① 用示波器检测 TP12、10~3 波形。

② 在上述检测正常时,考虑探头故障。

10. 增益控制不工作

【故障分析】 此故障产生的原因有:

① HIC7 故障。

② RV1~3 故障。

【故障排除】 此故障相应的处理方法如下:

① 检测 TP1、TP14、RV1~3 这些测量点,然后分析故障出在哪一级。

② 检查增益调节电位器。

11. 超声图像变成黑白条纹而无图像

【故障分析】 此故障产生的原因有:

① 发射控制电路故障。

② 冻结电路故障。

【故障排除】 此故障相应的处理方法如下:

① 考虑上述这两部分有问题时,主要测量 IC8F-6、IC9F-6。

② 还有 IC2B-11、IC2E-11、IC3E-9 这几个测量点的波形,根据出现的异常波形判断故障所在的部分。

12. 有发射波无超声图像

【故障分析】 超声波发射时间未与图像数据存储地址对应。

【故障排除】 检查 IC8F-6 的波形来加以判断。

13. 超声图像闪烁

【故障分析】 此故障产生的原因有:

① ADC 电路故障。

② 图像存储电路故障。

③ 线相关处理电路故障。

【故障排除】 检测 J203-1、IC1A~1D-2、IC7G-8、11IC7F-8 这些点的波形来分析故障所在部分。

14. 冻结功能无效

【故障分析】 此故障产生的原因有:

① 冻结开关损坏。

② I/O 接口电路故障。

【故障排除】 此故障相应的处理方法如下:

① 检查冻结开关 S23。

② 测量 IC3E-9 点波形,以排除接口电路故障。

15. 图像无灰阶无刻度

【故障分析】 主要是灰阶电路部分故障。

【故障排除】 测量 IC5G-3、2、6、7 这些点的波形是否正常。

16. ID 编码测量刻度标记显示不规则

【故障分析】 图表存储电路故障。

【故障排除】 测量 IC6E-6、IC1E-5 这两个点波形。

第三节 B型超声波诊断设备的故障维修实例

一、SSD-120DX 型 B 型超声仪故障维修实例

1. 反相器 2A(74L00)损坏

【故障现象】 监视器上光栅、深度标志、灰阶、刻度、字符、单双幅功能均正常,但没有超声切面图像,调整总增益,远近场增益,监视器上无任何反映,显示区域底色正常。

【故障分析与检修】 根据此机原理及故障表现形式,故障仅只是切面没有图像,而且调整增益旋钮显示区没有噪声,测量 $\pm 30\text{V}$ 、 $\pm 12\text{V}$ 、 $\pm 5\text{V}$ 电压正常,从而初步判断故障仅发生在包括记忆电路以前的电路中,对发射接收电路板(EP-1893) TP15 点(J103)进行测量。调整总增益 GAIN,近场增益 NEAR,远场增益 FAR 及探头临床实验,TP15 点均有模拟信号输出,这项检查说明发射接收电路板 EP-1893 工作基本正常,观测 A/D、D/A 转换器电路板(EP-1894)中 6A(A/D 转换器 MSA8041) 输出脚 AD₃~AD₇,在调整增益及探头临床实验时均无脉冲输出,A/D 的 AD₃~AD₇ 始终为零电平,而 6A 输入端②脚有模拟信号输入,这说明 6A(A/D 转换器)没有工作,察看 6A 其他脚,⑩脚为 +5V,⑨脚为 +6V,①脚为 -5V,⑤脚为 0V,均正常,而⑦脚为 5V 电平,从原理图分析⑦脚在正常 A/D 转换过程中应有取样脉冲输入(SM PL/S)。现在没有

脉冲输入,此 A/D 转换器就不能正常工作,从而判断故障原因是 A/D 转换器无 SMPL/S 脉冲引起的,检查 1 A⑥脚有脉冲输出,2 A③脚有脉冲输出,⑪脚无脉冲输出并呈高电平。⑨脚为低电平,使得 2 A⑧脚始终保持在高电平上。

更换 2 A(74LS00),再测 6 A⑦脚已有脉冲输入,AD₂~AD₀有脉冲输出,监视器超声断层图像显示正常。

2. 与非门 8F 损坏

【故障现象】 监视器上灰阶、刻度、字符、深度标志,单双幅功能均正常,但是超声波断层图像区一片白,亮度高于字符亮度,调整增益改变了状态,看不到超声断层图像,调整监视器亮度、对比度,整个荧光屏亮度能改变,但字符亮度与图像区亮度差不改变。

【故障分析与检修】 此故障判断较难,根据仪器的工作原理,仍采取在通道上划分区域的方法来处理,采取步骤如下:

1) 先拔掉 J₂₀₃,监视器一片黑,无任何显示内容,此项说明监视器部分工作正常。

2) 拔掉 J₁₀₃,故障仍没有改变,此项说明故障不是来自发射接收电路板。

3) 根据灰阶、字符、深度符号刻度显示正常,说明在记忆板以后的电路工作也基本正常。

4) 测量 A/D 转换器 AD₃~AD₀均有脉冲变化输出,这说明 A/D 转换器以前电路无故障。

5) 根据以上几步简单检测初步认为故障发生在记忆板(EP-1895)中,判断故障可能在 EP-1895 中的 VD₃~VD₀至 SD₃~SD₀之间的电路中,这样故障范围就缩小到围绕八片随机存储器的电路中,首先检查 RAM 的控制信号:

① 地址信号 A₇~A₀正常。

② CAS/信号正常。

③ WE/RAS/无脉冲,异常。

顺 WE/RAS/路共用部分向前检查至 8F③脚有脉冲输入,而④脚无脉冲输出,说明此与非门已坏,更换后 WE/RAS/有正常脉冲,监视器断层图像显示正常。RAS/WE/是记忆存储器中的行地址选通脉冲和写选

通脉冲,由于这两个信号不正常,造成存储器不能正常工作。

二、SSD-190 型 B 型超声仪故障维修实例

· 送受回路线路板短路

【故障现象】 在正常使用中,突然扫描图像消失,但数字、字符显示及灰阶显示正常。

【故障分析与检修】 由于机器字符及灰阶显示正常,仅仅是扫描图像消失,这说明计算机系统正常,故障可能出现在信号的接收与发射部分。先用万用表测量供给发射与接收部分的供电变压器,发现有短路现象,同时该变压器用手触摸烫手,断开该变压器供给发射与接收电路的供电电源,变压器短路现象解除,电压恢复正常,这证明发射与接收部分有短路。用万用表接在变压器的输出端,按次序将送受回路的 16 块线路板(即 1213 板)每块板拔出,拔出一块,观察一次万用表有无反应,当拔到第 5 块线路板时,变压器短路现象解除,同时 B 超图像恢复正常(注意:在拔插每块线路板时都应关闭电源,以免烧坏其他部件)。本 B 超有 64 灰阶,16 块送受线路板,32 个收发单元。如果某一块线路板出现短路现象,会使整个信号阻塞,不能将信号输入给 DSC 进行处理,致使图像消失,但是检查 DSC 系统是好的。一般 16 块送受线路板,32 个收发单元不会全坏,如果将有故障单元的线路取下,机器扫描图像除能恢复正常外,也不会影响诊断工作,仅图像颗粒稍粗。在已坏线路板未修好之前,机器仍可正常工作。

三、SSD-210 型 B 型超声仪故障维修实例

1. 同步放大管 2SA844 损坏

【故障现象】 开机后 30 s 左右,有图像出现,且抖动不停,约 10 s 后图像消失。持续开机观察,偶有图像出现,跳动几下即消失。

【故障分析与检修】 根据故障现象,似乎有某处存在接触不良。打开机壳,先检查各接插件,拨动各引线及印刷线路板,显示屏无反应,排除了接触不良的可能性。再检查各线总电源电压包括各印刷线路板上的电源电压,测量结果均正常,判定电源也无故障。再仔细观察,发现当有抖动的图像出现时,图像是在水平方向抖动,而同时操作面板上各功能键均能正常工作,这样就怀疑是 TV 监视部分有故障,重点检查场扫描部分(因为 B 超的水平扫描也即相当于普通电视机的垂直扫描)。

由于该机的维修手册上无 TV 监视部分的电路图,这给排查故障带来一定的难度。从相应的印刷线路板上观察,发现有一集成块,型号为 LA1385,经查对资料,正是黑白电视机所用的场扫描集成块。测量集成块的各脚电压,发现只有第⑤脚的电压随抖动的图像出现时有明显的变化,其他各脚电压均稳定。第③脚为场同步信号输入端,经反复测量和区分,图像抖动的原因是来自场同步信号,而非 LA1385 本身及外围电路故障,场同步信号是由全电视信号中经检波、同步分离、同步放大后取得的。由集成块第⑤脚逐级向前推移测量,发现同步分离后的第一级同步放大管 2SA844,其集电极电压随图像抖动时而明显抖动,而基板并不抖动,由此判断该管异常,拆下此管在 JT-1 上测量发现 I_{CEO} 达 1 mA 之多,查对晶体管代换手册,换上一只 3CG121C 管后,开机观察,图像稳定,机器工作正常。

2. 电源四端集成稳压器损坏及代用

【故障现象】 由于 $\pm 30\text{ V}$ 电源故障,使仪器无法工作。查明原因是 $IC_7 - \mu\text{A} 78\text{GUIC}$ 及 $IC_6 - \mu\text{A} 79\text{GUIC}$ 两块四端集成稳压器损坏,但在一般电子市场上无法买到这两种集成稳压器,为此就要设法进行元件代用。

【故障检修】 第一种方法:采用三端可调稳压集成块 LM317(解决 $+30\text{ V}$ 电源)和 LM337(解决 -30 V 电源),在电路上更改最少,只需对 R_6 、 R_7 和 R_9 、 R_{10} 的分压电阻做适当的改动和调整。但由于当时市场上无法购到 LM317 和 LM337,致使第一种方法未能实现。

第二种方法:采用了市场上最常见的器件——固定型三端稳压器 7824 和 7924 及稳压二极管,在电路上稍加改动,解决了 $\pm 30\text{ V}$ 电源稳压集成块的代用,从而修复了 $\pm 30\text{ V}$ 电源,图 6-9 所示是 $\pm 30\text{ V}$ 的原始电原理图,图 6-10 所示是改动后的 $\pm 30\text{ V}$ 电原理图,在更改后的电路中 7824、7924 是 $\pm 24\text{ V}$ 三端稳压集成块, DW_{105} 是稳压值为 6 V 的稳压二极管,串接在三端稳压器的公共端中,从而提高了三端稳压器的输出电压至 30 V 。三端稳压器输入端前的电阻 R_1 和 R_2 作输入降压用,防止由于外电源电压太高时三端稳压器内部压降太大而损坏。

在具体装接时,只需在原印制板上对原四端稳压器的 4 个焊点稍作改动即可完成。

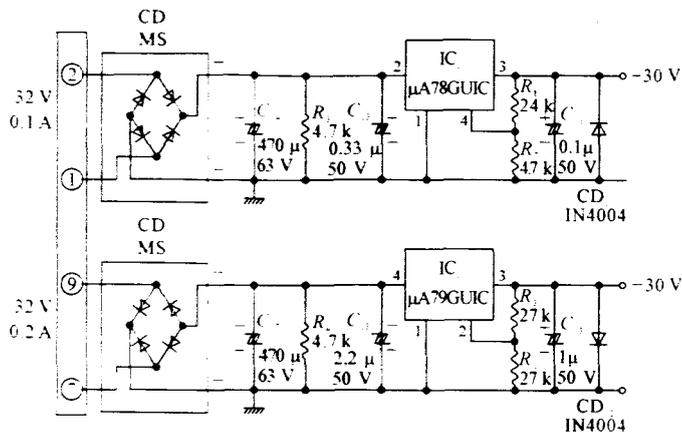


图 6-9 原 $\pm 30\text{ V}$ 电原理图

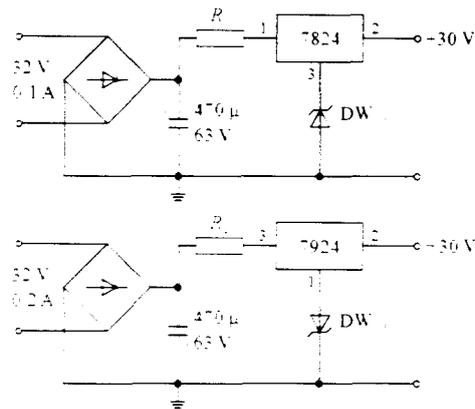


图 6-10 更改后电原理图