

试析医疗设备开关电源工作原理和维修办法

1 医疗设备开关电源的基本工作原理

大多数的医疗设备都离不开安全、稳定的电源，且很大一部分为开关电源。由于医疗设备本身的特殊性，使得设备开关电源的互换性较差，这给维修工作增添了一定的难度。所以，了解并掌握医疗设备开关电源的基本工作原理尤为重要。开关电源一般都是由主回路和控制回路两部分构成，其中主回路是将交流电网中的电能传递给负载的回路，而控制回路则是按照输入/输出条件对主回路工作状态进行控制的回路。目前，大部分医疗设备开关电源中的控制回路都是集成化电路，也被称之为集成控制器。由于医疗设备开关电源中应用了集成控制器，从而使得开关电源控制组件的数量大幅度减少，开关电源的结构和工作程序也随之简化，进一步提高了电源本身的安全性和可靠性。医疗设备开关电源中包括以下元器件：开关变压器、输出整流等等。开关电源的具体工作原理如下：交流电源输入并经过整流滤波之后转换为直流电源，通过 PWM 信号控制开关管，将转换后的直流电源直接加至开关变压器的初级上，随后开关变压器的次级会感应出高频电压，再经过整流滤波后供给负载，输出部分利用一定的电路反馈给控制电路，对 PWM 的占空比进行控制，以此来达到稳定输出的目的。图 1 为医疗设备开关电源的工作原理。

从图 1 中可以清楚的看到，由开关变压器和开关元件所构成的功率变换电路是整个开关电源的核心组成部分，其中开关变压器需要承受高频工作状态，所以一般会采用比较特殊的合金磁芯进行制作，而开关元件则分为两大类，一类是自动激发式开关元件，另一类是被动式开关元件。开关电源的控制方式有以下三种：脉宽调制、脉频调制以及混合调制，图 1 中给出的是最为常见的脉宽调制。利用相应的调制组件可以对脉冲的宽度和频率进行控制，从而为整个电路提供矩形脉冲序列。医疗设备的种类相对比较多，并且医疗设备开关电源的电路样式也均不相同，但是这些开关电源的工作原理却是相通的，并且主要结构也非常相似，大体上可将开关电源的回路分为三个部分，即整流电路、线路滤波器、浪涌电流抑制电路。在这三个部分当中，整流电路的作用最为明显，它能够将输入电路中的交流电转换为供设备使用的直流电，滤波器主要起衰减高频干扰的作用，浪涌电流抑制电路的主要作用是抑制线路中的浪涌电流。

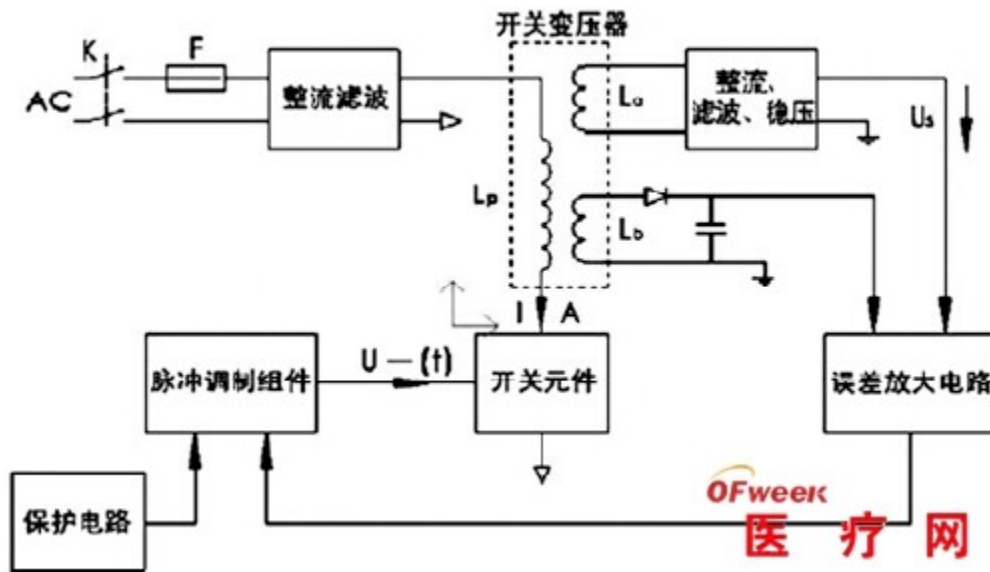


图 1 医疗设备开关电源的工作原理示意图

2 医疗设备开关电源的常见故障问题分析

2.1 故障分类

根据开关电源的元件损坏可将其故障分为以下几种类型：电感性、电容性以及电阻性器件损坏引起的故障；功率半导体元器件损坏引起的故障；光电耦合器损坏引起的故障；晶振、风扇等电源硬件设备损坏引起的故障。

按照开关电源的工作流程又可将其故障分为以下几种类型：PWM 电路故障；DC 转换器故障；交流输入故障；驱动电路故障。上述故障仅仅是医疗设备开关电源最为常见的几种故障类型。

2.2 故障成因

医疗设备开关电源的故障成因可归纳为以下几个方面：由于输入电路产生出直流高压，从而导致二极管损坏，严重时还会造成功率管损坏；当输入电路当中的高压滤波电容漏电量超限时，会造成开关电源本身的负载能力降低，严重时会导致电源启动限流的电阻被烧损；如果高压滤波电容失效或是高频变压器的次级绕组的整流二极管过热，则会引起波纹电压增大，由此容易造成整机异常；由于功率开关管损坏，造成振荡器停止工作，致使无直流电流输出；因光电耦合器或是电压调整部分损坏，导致开关电源自稳功能丧失，从而使得电压输出不稳定，这样一来可会造成整机工作异常；由于输出端的负载或是空载电流过小，或是某一路输出发生故障，致使电源启动后立即进入到保护状态，造成各路直流无输出。

3 医疗设备开关电源的维修办法

3.1 维修要点

3.1.1 在对医疗设备的开关电源进行

维修前，要先熟悉其基本工作原理，并能看懂电路图，然后按照开关电源的功能将之分解为若干个基本单元，再绘制出结构框架图，以此来作为故障维修时的主要参考依据，这样有助于快速查明故障问题的发生原因，进而对故障位置进行准确判断，有利于提高维修速度。

3.1.2 维修过程中，可以在开关电源板的输出端接入一个匹配的假负载，如大功率电阻，这样做能够排除负载故障对开关电源的影响，还可以解除轻载保护，同时还能有效避免开关管因饱和时间过长而损坏，最为重要的是，可以防止维修过程中输出电压过高导致负载损坏的情况发生。

3.1.3 在对开关电源进行检修时，应当先对电源板进行观察，看是否有明显的元件损坏情况，随后再对保险管进行检查，看有无熔断、漏液或是电阻损坏等情况，完成上述步骤之后，便可对元件的损坏原因进行分析，由此判断出导致故障的具体原因，采取有效的方法进行维修。采用这样的方法对开关电源进行维修，不但能够加快速度，而且还能简化流程，有利于维修效率的提高。

3.1.4 先加电，然后对各组的输出电压进行测量，若是电压显示正常，则表明开关电源正常，负载电路出现故障；如果某个输出支路异常，则可判断故障发生在该支路上，此时只需要对该支路进行维修即可消除故障，使开关电源恢复工作。需要特别注意的是，医疗设备的开关电源的工作频率大多都在几十到上千赫兹不等，所以不能使用普通管代替脉冲整流管，若是输出电压均偏高或是偏低，则应当对电源的稳压电路进行重点检查，具体包括放大电路、耦合电路、取样电路以及调制电路等。

3.1.5 若输出电压全部偏低，则应当先对开关管的集电极电压进行测量，如果该电压达不到 300V，那么表明市电的整流滤波电路当中的某个元件损坏，一般更换该元件便可消除故障问题。需要特别注意的是，在对熔断丝进行更换前，应当查明导致熔断的具体原因，若是短路故障引起的熔断，需要先消除短路，否则即使更换熔断丝，也还存在熔断的风险。由于滤波电容故障相对比较隐蔽，尤其是在其容量减小时，集电极电压的下降幅度不太明显，使用万用表很难准确判断，而采用示波器则能够更加直观地观察到故障问题，这是因为在情况下，交流成分会显著增大。

3.1.6 如果开关电源的集电极电压正常，那么应当对开关管进行重点检测，确定是开关管损坏引起的故障问题时，需要对其进行更换。在更换前，要对开关管的保护电路进行认真检查，以免因保护电路失效造成开关管损坏。

同时，还应当对负载电路进行检查，借此来排除因负载故障导致开关管过载损坏的情况。此外，在维修时，还应当充分考虑到脉宽调制电路中的保护，如启动保护电路、稳压保护电路等。

3.1.7 如果开关电源的开关管正常，那么需要判断是激励电路还是保护电路发生故障，具体的判断方法如下：先加电，然后对输出电压进行测量，若是电压先有后无，则表示保护电路起作用，若是并未出现电压，则说明激励或是保护电路出现故障，此时可检测电路是否能够产生开关脉冲，并观察脉冲幅度和频率有无异常。通常情况下，激励电阻中的启动电容及电阻在正常工作状态时是从 300V 中获得启动电流，所以比较容易出现损坏，此类情况占激励电路故障的 70%以上。

3.1.8 当医疗设备的开关电源出现高压过流时，为了避免故障进一步扩大，会以断电的方式对其进行保护，这样一来会增大维修难度，所以在检修时，必须先准确判断出保护类型，具体方法如下：使用示波器对保护电流的工作状态进行检测，排除保护电路中元件故障后，便可继续对故障问题原因进行分析。在检测的过程中，需要特别注意的是，不可随意断开保护电路，以免造成故障扩大的情况发生。

3.2 维修实例

实例 1：某型号的婴儿保温箱，当温度达到设定值后仍然继续升温，故障提示信息为“E013”，查看该设备的维修手册，提示为“Header not Switching off”，排除热控开关故障后，判断为光电耦合器性能不良引起的故障，随后对该器件进行了更换，保温箱恢复正常工作。

实例 2：某型号的超声乳化仪通电开机后操作面板无任何显示，开关电源发出“吱吱”声，此时可初步判断为电源有保护动作。该开关电源采用了 UC3842 和 UC3854 等 PWM IC，各个 IC 电流检测段全部提示存在过电流，并且各个供电端电压存在跳变现象。排除 PWM IC 及其外围电路损坏后，对功率器件进行了重点检查，结果发现，其中一路电源的开关管被击穿，更换开关管后，又对其外围电路进行了检查，发现与该开关管相连接的高压电容也被击穿，随后对该电容进行更换并通电，主+24V 输出正常，整机工作稳定。

结语

总而言之，医疗设备的开关电源种类较多，虽然它们的工作原理都大体相同，但却不可以互相替代，同时，医疗设备的频繁使用在一定程度上增大了开关电源故障的可能性，一旦开关电源发生故障，会造成医疗设备失灵。为此，必须采取正确的维修方法对故障进行处理，并在最短的时间内消除故障，使设备恢复正常工作。