

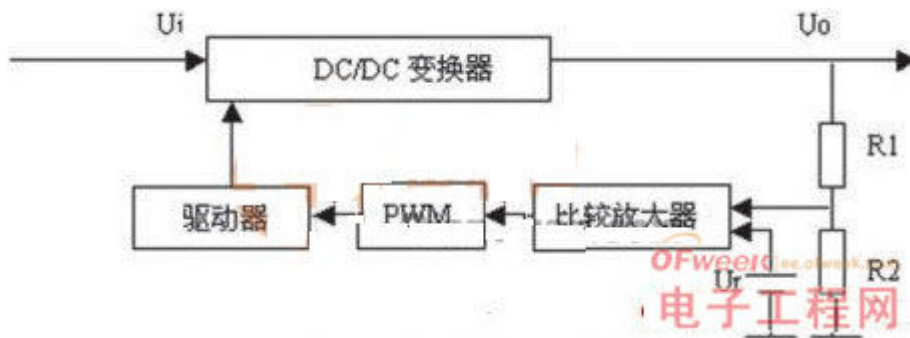
详解医疗设备开关电源的设计关键

中心议题:

- * 输入电路故障
- * 光电耦合器故障
- * PWM IC 及外围电路故障
- * 其他电源部件故障

随着医学电子技术的高度发展，医疗设备的种类也越来越多，医疗设备与现代医疗诊断、治疗关系日益密切，任何医疗设备都离不开安全稳定的电源，且大部分为开关电源。在日常诊断与治疗过程中往往会遇到设备因电源故障而无法使用，此时就需要医疗服务机构的临床医学工程师结合自身经验和专业知识为临床部门提供迅速、高效的服务。由于医疗设备的特殊性，设备电源互换性差，有的甚至缺少技术图纸，这给维修工作带来极大的不便。

医疗设备开关电源一般可以分为 AC/DC 和 DC/DC 两大类，一次电源 AC/DC 变换器输入为 50/60Hz、220V 交流电，必须经整流、滤波，体积较大的滤波电解电容是不可少的，且交流输入必须加上 EMC 滤波及使用安全标准的器件。二次电源 DC/DC 变换器用以进行功率转换，它是开关电源的核心部分，此外还有启动、过流与过压保护、噪声滤波等电路。输出采样电路检测输出电压变化，并与基准电压比较，误差电压经过放大及脉宽调制（PWM）电路，再经过驱动电路控制功率器件的占空比，从而达到调整输出电压大小的目的。基本结构见图 1。



▲ 图 1 医疗设备开关基本结构

开关电源损坏从损坏元件上大致可分为：① 感性、容性和阻性器件损坏；② 功率半导体器件损坏；③ PWM IC 损坏；④ 光电耦合器损坏；⑤ 其他，如晶振、风扇等电源器件损坏。

按电源工作流程上可分为：① 交流输入故障；② DC/DC 变换器故障；③ 驱动电路故障；④ PWM 电路故障；⑤ 取样电路故障。开关电源故障种类繁多，在此不能一一详列，下面结合实际维修实例对以上 2 种分类中典型维修技术进行探讨。

1 输入电路故障

医疗设备开关电源的输入电路一般包括开关、熔断丝、交流抗干扰电路和软启动电路等。开关、熔断丝和交流抗干扰电路故障很容易发现，其中开关损坏可以直接更换，但熔断丝损坏最好检查一下负载是否严重短路，并换上同样安培数的熔断丝通电时监测总输入电流。交流抗干扰电路故障一般因电容器使用时间长而失效较常见。软启动电路是开关电源保护电路之一，开关电源的输入电路大都采用整流加电容器滤波电路设计，在输入电路合闸瞬间。由于电容器上的起始电压为 0，会形成很大的瞬间冲击电流。

为此，医疗设备开关电源一般都在输入电路中设置防冲击电流的软启动电路。

常见的软启动电路有热敏电阻防冲击电流电路、SCR-R 电路、继电器与电阻构成的电路、采用定时触发器与限流电阻的电路，以及过零触发的光耦可控硅与双向可控硅构成的电路等。下面以热敏电阻防冲击电流、电路为例简单说明其工作原理：热敏电阻分为正温度系数热敏电阻 (PTC) 和负温度系数热敏电阻 (NTC)。PTC 常态阻值较低。当有过大的异常电流流过时，因 PTC 自身发热使其电阻值迅速增加，变大电阻，起限流的作用；NTC 热敏电阻在电源接入瞬间，阻值较大，达到限制冲击电流的作用。

当电路处于正常工作状态时，电阻发热而使其阻值变小。

NTC 热敏电阻防冲击电流电路由于热敏电阻的热惯性，重新恢复原始阻值需要时间，当电源断电后又快速接通时起不到限流作用。

输液泵及部分小功率医疗设备电源中很多便采用 PTC 热敏电阻限流或 NTC 热敏电阻防冲击电流电路设计。其中，PTC 热敏电阻在遭遇雷电或强电流的时候容易损坏，始终呈低阻态而通电便烧熔断丝。而 NTC 热敏电阻往往出现开路故障，导致一次电源 DC 无 AC 接入。

2 光电耦合器故障

光耦合器 (Optical Coupler) 亦称光电耦合器，简称光耦。是以光为媒介来传输信号的器件，通常把红外线发光二极管与光敏半导体封装在同一管壳内，当输入端加电信号时，发光二极管发出光线，光敏半导体接受光线就产生电信号，从输出端流出，从而实现“电-光-电”转换。它广泛应用于信号隔离、开关电路、脉冲放大、固态继电器 (SSR) 等电路中。另外，利用线性光耦合器可构成光耦反馈电路，通过调节控制端电流改变占空比，达到精密稳压的目的。

光耦能实现电气隔离，还有抗干扰能力强、使用寿命长、传输效率高等优点[3]。但遇到光耦合器性能下降导致电路故障在医疗设备开关电源中还是比较多的。

例1：Philips BV25 X 线机的电源不少临床医学工程人员都接触过。其中，因光电耦合器性能不良导致无法开机几乎成为该电源的通病。BV25 主电源采用了无触点软启动电路设计。当 220V 接入时，一路变压器提供一组 28V 和多组 7V 电源，28V 经整流稳压后得到+15V 电压向电源控制板提供电源，7V 供给各组光耦合器。电源板上 H1 若为绿灯，则大致可判断 28V 和 7V 输出正常。可控硅 V1-V3 及光耦（4N25）B1-B6 性能不良均会导致开机失败，判断 V3 是否损坏需拆下测量，否则容易误判。

例2：OHMEDA 2000 婴儿温箱，温度到设定值后继续上升，报“E013”。查维修手册提示为“Header notswitching off”。排除 thermal switch 故障后，最大可能是 SSR 内光耦合器的性能不良所致，更换该器件后温箱工作正常。

医疗设备开关电源和其他开关电源一样，功率器件是必不可少的。其中用的较多的有功率二极管、可控硅（SCR）和功率场效应管等。在维修过程中，功率器件是重点检查对象，此类器件的损坏，会导致开机保护或烧熔断丝。在维修中发现该类器件损坏时，除更换同参数器件外，还必须检查外围高压电容及限流或电流检测电阻。

例1：Alcon Universal II 型超声乳化仪开机面板无显示，“Standby”灯闪烁，开关电源有“吱吱”声，可大致判断电源有保护动作。该电源用到了 UC3842、UC3843 和 UC3854 等 PWM IC，各 IC 电流检测端均提示过流，且各供电端电压跳变。排除 PWM IC 及外围电路损坏后，重点检查功率器件，其中一路电源的开关管（IRF460）击穿，更换该场效应管后又检查了其外围电路，发现与其连接的 C26 高压电容（1KV）已击穿，更换 C26 后通电，主+24V 输出正常，将机器所有连线恢复，各组电压正常且整机工作稳定。

例2：SHIMADZU OPESCOPE 50N 型 X 线机监视器无显示，指示灯闪烁，该 X 线机总供电为 220V，而监视器供电为 110V，送修前操作人员单独对监视器加 220V 后指示灯不亮。该监视器电源采用 STR 54041 开关电源厚膜模块设计，其 DS 极已击穿，且 D1722 被击穿，更换后接假负载各路电源输出正常，恢复电路连线后指示灯亮，机内有“嗒嗒”声，但仍无显示，后检查发现行管 Q9 和保险电阻 R71 损坏，更换后整机工作正常。

4 PWM IC 及外围电路故障

电源控制芯片与开关管组合在医疗设备开关电源中应用很普遍，一个电源甚至还会多处用到。PWM 开关稳压或稳流电源的基本工作原理就是在输入电压、内部参数及外接负载变化的情况下，控制电路通过被控制信号与基准信号的差值进行闭环反馈，调节主电路开关器件的导通脉冲宽度，使得开关电源与输出电压或电流等被控制信号稳定。

PWM 的开关频率一般固定，控制取样信号可以构成单环、双环或多环反馈系统，实现稳压、稳流及恒定功率的目的。

同时，可以实现一些附带的过流保护、抗偏磁及均流等功能。

在维修开关电源时，当整流滤波电路、开关管正常情况下，通常要检测 PWM IC 及外周电路是否正常，这样会达到事半功倍的效果。PWM IC 基本上都存在 IC 供电、基准电压、驱动脉冲、电流检测及取样调整电路等。PWM IC 供电一般是主电源经一电阻降压所得，通常称为启动电阻，若该电阻开路或变大，提供给 IC 供电低将导致电源不启动。

当供电正常时，重点检查基准电压及驱动脉冲是否正常，然后监测电流传感端电压是否正常，接着要仔细检测传感支路。判断 PWM IC 自身故障的方法一般是通过测量引脚间阻抗或给供电端输入标称电压，观察基准电压是否准确。

例 1：北美 GS 麻醉机+5V、+12V 电源板无输出。该机器开关电源初级 PWM IC 芯片为 UC3845，保险和主要功率器件完好，计划先检查 PWM IC 芯片供电、基准电压和电流检测端引脚电压，发现+300V 正常，7 脚无电压输入。

原因是 100K 启动电阻开路。更换后，PWM IC 供电正常，6 脚输出脉冲波形稳定，+5V、+12V 输出电压正确。

例 2：Stryker 腔镜监视器，电源由开关管 BUK456、UC3824 及外围电路组成。UC3842 因第 6 脚与 5 脚短路而损坏，BUK456 的 DS 极击穿，电流检测电阻开路，且脉冲输出端串联电阻开路，更换上述器件后，工作正常。若只是更换外围电路损坏器件，而未发现 UC3842 自身损坏，换上的器件在开机瞬间会重新损坏。因此，在维修中要排除 PWM IC 自身故障。

5 其他电源部件故障

在维修当中，往往会遇到一些并非电子器件完全损坏所致的故障。如电容容量变小、线路板部分隐蔽性接触不良、电源灰尘过多或散热不良导致电源不稳定及部分风扇控制电路故障致电源停振等。由于这类问题通过传统检测方法有些困难，因此，根据经验和分析采取替换方式排除。

在维修医疗设备电源时，首先要对灰尘进行处理，可用吸尘器和大功率冷风机清除，在处理过程中要减少人体静电和防止线路板电容器对人体放电。对有大量风扇的电源一定要检查风扇的转速，特别是那些带转速控制或速度检测的风扇，不确定时可采取替换法解决。

例 1：日立 7170A 生化仪+5V 开关电源，开机正常工作几分钟后，电源指示灯由绿变灭，+5V 输出停止，散热风扇无明显异常，功率部件和 PWM IC 正常，但在做完清洁后未接风扇电源无输出。换上普通的 2 线 CPU 风扇依然无输出，将该风扇测速线接上并连入线路板后，电源输入正常且可连续工作。因此，可得

出原风扇因时间较长转速降低致电源停振的结论。以前，+24V 也出现过此类问题，当时因设备使用较急更换了新的电源模块后恢复正常。

例 2：TOSHIBA 240A 型 B 超连续工作时间较长后电源外壳发烫，且经常出现过热保护。该类故障一般是因为内部灰尘过多或内部风扇转速变低致整个电源工作环境变差所致。将电源拆下彻底除尘，更换电源底部和背面风扇后电源温度明显下降，机器工作正常，且 1 年未出现故障。

6 小结

医疗设备种类繁多，大功率、大电流的开关电源在医疗设备中应用相当广泛。开关电源故障占医疗设备故障的 60% 以上。因此，掌握开关电源的维修是每个临床医学工程人员的基本技能，也是难点。本文只结合实际维修经验对医疗设备开关电源的维修技术进行了探讨，希望更多同行专家提出宝贵意见并对医疗设备开关电源作进一步研究。