

直流电机驱动的 PCB 电路板设计

赵晓青

青岛海信日立空调系统有限公司 山东青岛

【摘要】在高空高压带电作业客户定位和协调管理装备研究专项任务中，移动设备的上升移动与旋转运动，选择用二个不同直流电机来驱动，两个电源都具有正反转功能，为防止成本过高，选择变频器控制。论文从实践与应用的高度，通过研究在继电器及控制电路设计中固定继电器的方式，提出了使用 PCB 板作为固定底板，并利用 PCB 板的高额定电流设计理论和实践研究方法，为高额定电流的 PCB 控制板设计提出了理论依据和实际使用的依据。

【关键词】直流电机；PCB；调节控制

【收稿日期】2023 年 2 月 14 日 **【出刊日期】**2023 年 4 月 23 日 **【DOI】**10.12208/j.jeea.20230012

The PCB circuit board design driven by the DC motor

Xiaoqing Zhao

Qingdao Hisense Hitachi Air Conditioning System Co., Ltd., Qingdao, Shandong

【Abstract】In the special task of customer positioning and coordination management equipment research for high altitude high voltage live operation, the upward movement and rotating movement of mobile equipment choose to be driven by two different DC motors. Both power supplies have positive and reverse function. In order to prevent high cost, the frequency converter control is selected. From the height of practice and application, through the research in relay and control circuit design, put forward the use of PCB board as a fixed plate, and using the PCB board high rated current design theory and practice research method, for the design of high rated current and practical use.

【Keywords】DC motor; PCB; Regulation control

1 直流电机优点

1.1 优点

调速性能好。其他特性：调速稳定性高调速范围广平稳，过载功能好使用比较方便起动转矩大。

1.2 不足之处

①直流电机制造很昂贵，有碳刷等；

②与异步电动机相比，直流电动机结构较复杂，操作维护并不简单，且必须使用直流电源；

③复杂的电气结构限制了直流电动机体积和效率的进一步减小，尤其是由于电容膜和整流子之间的机械摩擦和所产生的机械摩擦以及火花等，导致了直流电动机的质量问题较多、安全性较差、寿命也较短、在维修保养方面的麻烦量也很大。

④换向时火花不但带来了整流子的强电腐蚀，而且是一种无线电电子测量的干扰源，将对附近的电器设备产生不利的作用。

2 什么是 PCB 电路板

PCB 即印制电路板，也被叫做电子印制板，是计算机产品中的最主要部分之一。所有的电器元件上几乎只要用集成电路的电子元件，从电子手表到计算机等，再大到工业用计算机、通信用的计算机、甚至还有军事兵器用的计算机，以便于将各个单位之间的线路连接起来时，都必须用印刷片。而这些印制电路片由绝缘基板、焊接线，以及固定在连接电路板上的焊盘等所构成，从而具备了导电路径与绝缘基板的双重功能。它能够代替了原来复杂的传

*通讯作者：赵晓青（1983-），山东莱州，硕士，高级工程师，研究方向：中央空调控制系统硬件开发与设计

统接线，直接完成了电路内各单元间的电气相连，不但减少了电子的组装、连接与操作时间，还降低了在常规模式下的布线时间，从而可以极大地降低了电子工作人员的劳动强度；同时减少了电子整机重量，从而减少了生产成本，也可以大大提高了电子的产品质量与安全性。对于整块进行安装调试的电子印刷电路板能够成为电子一种单独的附件，方便电子整机产品的互换和维护。

目前，电子印刷电路板已非常普遍的使用于电子设备的工业加工中印刷电路板中，最先采用的材质便是纸基覆铜印制板。从零点五导体晶体管在中国问世开始，人们对印制板质量的要求也在迅速提高。

可高密度化一百余年来，印制板的密度能够随着积体电路水平整合提高以及安装工艺提高不断成长着；高的可靠性，经过各种检验、测量和老化试验等可确保 PCB 长时间稳定而可靠的工作着；高效的产品设计性，满足了 PCB 所有特性需求，都能够通过产品设计标准化、规范化等方式完成的印制板产品设计，耗时较少、制造效率高；可生产性，实行先进控制体系，能实现标准化、大规模、自动化的生产方式；确保产品一致性；电子产品的检测能力方面，已经形成了较为完善的方法、检验规范、各种检测装置和工具等进行检测，并确定了 PCB 的合格度和使用寿命；高可组装度，即 PCB 产品既便于对不同单元的标准化装配制造，又能够实现高度智能化、大规模的小批量生产。另外，PCB 上各模块的组合单元也可以组成更多模块、整体，甚至整机；高可维护性，因为 PCB 产品的各单元组装部分都是采用标准化制造和大规模制造，所以，所有这些部分都需要标准化。所以，如果系统出现了问题，就能够迅速、简单、快捷的加以更换，从而迅速恢复系统工作。

2.1 缺点

①加工层次定义不明

单板设计的 TOP 层，如果没加说明就正反做，也许制出的板子装了器件就不好焊接。

②大面积铜箔距外框距离太近

大面积铜箔间距外框应至少保证在零点二 mm 以上的间距内，因在铣外形时如铣到铜箔上容易造成铜箔的起翘，以及由其引起阻焊剂脱落等问题。

③用填充块画焊盘

用填充片画焊盘，对已设计电路而言是能够实现 DRC 功能的，不过对焊接而言却不能，而且由于这种类型焊盘并不能直接获取电阻焊数据，在采用电阻接触剂时，其填片部分也将被电阻接触剂所覆盖，因此出现了连接困难。

④字符乱放

字符盖焊盘 SMD 焊片，为印制板通断测试的元件点焊工艺上增加了难点。字体选择太小，导致丝网打印困难，过大导致画面交叉重复，不能识别。

3 大电流 PCB 电路板的设计

在分析了基本的参数后，只能依靠个人经验能作出较准确的判断。下面通过 Prote199 的编程套件，来绘制高电流 PCB 电路板：①先准备好基础知识，然后新建数据库，并进行原理图，之后再行适当的绘法；②可以画出你所要指定的非标准器件的封装，不过在这其中使用的并没有标的继电器 JOF-38F 需要的封装图。③设定 PCB 的运行环境，如绘制印刷电路的板框等。④打开所要使用的 PCB 库软件等。使用网络的信息来进行零部件封装。⑤设计零件封装的排列方法，又称为零件排列。是手动设计的方法。注：对于零件布线，需要从设备的散热性能、设备功能、将来布线后的方便性等角度全面考量。⑥可以依据需要再做相应改变，然后把所有设备锁；⑦根据布线原则安装。主要设置安在高速系统中，可控电阻板与电缆之间的特性阻抗是最关键，也最常见的问题之一。所以，人们才开始真正认识了输电导线的概念：输电导线由二个具有一定直径的导线所组成，一条电线用来发送消息，而另一条则用来接收消息（切记“回路”取代“地”的概念）。在一个周转网络中，任何一个线路都构成了一个输电网的主要部分，而相邻的交流网络又可以被看作第二条线路的交流电源。而一条导线形成“性能良好”传输线的关键是使它的特性阻抗在整个线路中保持恒定^[1]。

线路板称为“可控阻抗板”的基础，在于使每个电路的特性阻抗值达到一定规范要求，一般在二十五欧姆极化和七十欧姆法左右。在多层电路板上，输电线稳定性好的基础是保证它的特性阻抗在整个电路中处于恒定。

但是，到底哪个又是特性阻抗？认识特性阻抗

最简便的办法就是看信号在传播时遇到了哪些困难。当物体沿着一个具有同样的横截面传输线运动时，这就类似于在图一中给出的微波传播。假设将一伏特的电流阶梯信号加入这一条输电线路中，如将一伏特的电池串联在输电线路的最前端（它处于传送线路与回路中间），如果接通，这种电流波信息就沿着这一条线路以光速传递下去，它的传播速率一般大约为六英寸/纳秒。当然，可以假设这种信息是来自传送线路与回路中间的压力差，而这也能够通过传送电路的任意一个与电路中的相临点差来判断。图二为这种电流信息的传播示意图。

在下一零点零一纳秒时，又需要把一个 0.06 英寸传输线的电流差由零改变为 1 伏特，这时需要再加一部分的正电荷到传输电路，然后再加一部分负电性到接收电路中。每移动 0.06 英寸，就需要把更多的正电荷加到传输电路，然后再把更多的负电性加到电路。而每隔 0.01 纳秒，就需要对发送电路的另一部分进行充电，然后信息就沿着这一部分传递。电荷主要来源于传输线路前端的电池，当随着这段线路移动时，就为整个输电线路的连续部分充电，所以在传输线路与交换电源中间就产生了一伏特的电流差。每前进约 0.01 纳秒，就可以从电池中得到一点电量（ $\pm Q$ ），一定的时间间隔（ $\pm t$ ）内从电池中流过的一定电能（ $\pm Q$ ）就是一个恒定电流。而进入输出电路的负电流，实际上和中间流过的正电流相当，并且恰好位于信号波的最前端，而交流电流则经过由上、下电路组成的电容，从而完成了一个循环过程。

4 设计目标

4.1 电瓶与输入转换部分

输入信号线全部由 DATA 引入，1 脚位置是接地线，其余部分则为信号线。注意一脚到对地接口是个约二 K 欧的高电阻电流。在把驱动盘和单片机分别输出后，这种电流就能够作为输出电压返回的通道。

高速运放 KF347（也可以用 TL084）的另一个重要特征是对比器，将一个逻辑信号和来自指明灯的某一种高压二极管上的二点七 V 基准信号对比，然后再转变成对该数据区域内的电源负载频率的方波信号。KF 三百四十七的最大输入电流一定不能超过负源的电流范围，不然就很容易出错。于是就在

op 放大器的边上，又添加了一种能够避免在最高输出电流范围内泄漏最高输出电流的办法二极管

4.2 栅极驱动部分

当运放大器的端达到了最低电压值，且有效的电压（约为一 V 至 2V，不能完全达到零）后，就把最下面的膨胀三极管切断，场效应管导通。再上面的膨胀三极管导通了，而场效应管则被截断，并输出至较高电平。但当 op 放大器的后端电流达到了较高电平（约为 $V_{CC} - (1V \text{ 至 } 2V)$ ，不能完全达到 V_{CC} ）时，则在最下面的膨胀三极管就被导通了，而场效应管则被截断。然后接着就是把上面的膨胀三极管给切断，如果下面场效应管导通了，输上面的过程也就是最基础的，然后接着的接下来是启辉器的电流转变的动力学反应：由于上面膨胀三极管的导通后的电流远远低于了 2 千欧，所以如果将上面膨胀三极管的切断电流转变为电流会导通后，上面场效应管的登机门电容上的电荷就会很快发生改变，同时下面场效应管的电流也就会很快切断。此在最低电压下仍然有效。

假如二个充气三极管的相关工作都是同步进行的，这种回路就能够使上下二臂的场效应管路先断后通，因而减少了共态的导通问题。但事实上，op 放大器的电流变化也需要经过一定的时间，在段时间内运的最大输出电流必须达到与可加或可减电源电压之间的中间差值。这时只要将二个充气三极管一起导通，场效应管路也就可以一起截止了。但是，实际的电路在这个理想状态下还是要安全一点。

场效应管登机口的 12V 耐压二极管，用来阻止场效应管登机口的超电压击穿。普通的场效应管登电口的耐压仅为十八 V 至二十 V，不过如果可以加入二十四 V 的电流就比较容易击穿，因此目前这种高电耐压时间二极管还没有完全被一般的时间二极管所取代，不过若可以直接由二千欧的输出电流所取代，则可以获得十二 V 的分压。

4.3 场效应管输出部分：

大威力场效应管上的在源极与漏极中间，还单独反向串联有一个二极管，接在 H 桥的通过处，在输出侧也串联了一个专门用来减少产生尖峰电流的所需要的四个二极管，不过在这里并不是外接续流高压二极管的。而在输出侧所串联的一个电流比较小的（out1 和 out 二之间）对于在减少发电机中所

产生的尖峰电流上仍然有一定的优势，不过由于在采用 PWM 模式时会有产生尖峰电流这方面的副作用，所以在电容上也并没有很大问题。如果当选用小功率因数电力变压器的话，这种电容也就可以被省略了。但如果选用这种电容时，则必须是选择高抗电流影响的，而一般的白瓷片电容则只会产生在击穿短路后的高电流影响。

4.4 性能指标

电源电压一般在 15~30V，而最大的输出电压一般在五 A/每个电机，在最短时间内（10 秒）可以达到 10A，PWM 频率最高可以用到 30KHz（一般用一到 10KHz）。电路板上的四个逻辑端口都是单独的，而输出接口则是二十二的接在了一个 H 桥的双功率放大单元上，它能够完全的由单片机所控制。实现了单片机的双向转动与调速。

4.5 PCB 的布局布线

大的电流线就必须要是尽可能的短粗，而且还要尽量做好过口，如果一定要做好过口后就必须要将过口再做大一点（>1mm）之后，再在焊盘上再打一圈更小的过口，以后还要在焊前再用焊锡填充，不然就会很容易烧断。在刚开始的实验操作时，在 NMOS 管的源极与地间，就一直接入着从零点到五欧米的电流作为测试电流，而后来这种电流也就成为了不断破坏板子的主要原因。当然，如果将稳压管改为电阻就不会出现这种情况了^[6,8]。

从热管理方面考虑，提高 PCB 上的铜面温度也是一种好办法。在传统模式下，管理人员会采购大量厚度较大的铜箔材料达到相关目的，大量实践表明，此种铜面材料温度提高的方式会耗费大量开发成本，管理人员需要聘设大量技术人员对大量铜箔材料的外部形状进行优化整改，因此，在现实生活中，大多数会选择一盎司的铜箔材料，尤其是针对于不同类型的多层集成电路板材料，内部结构的固体铜材料会结合自身特性而发生一定的散热效果，然而，仍有部分技术管理人员没有按照国家规定的设计技术标准，将铜箔内部铜面结构安设在电路板叠层的中间部位。所以发热问题也会集中到控制电路板里面针对此种现象，技术管理人员应充分发挥主观能动性，利用自身实际工作经验和专业技术知识对铜材料 PCB 部分进行统一扩大处理，并借助先进的机械设备将相关重要零部件经过多个通孔

进行集中焊接管理，在此种情况喜爱，相关铜材料就会在特定时间内将大量热能量集中传递至电路板外壳架构^[9]。

进一步了解后发现，在现实生活中，一旦内部的电路板的线路结构较为复杂，就会间接导致双层 PCB 的散热效果会受到外界各种客观因素的影响。对此，当地政府及管理人员应利用先进的计算机技术，及时更新并学习国内外先进的散热方法，例如，应集中采购适量质量较好的固体铜面材料，在发电机驱动器内部的 IC 结构能够产生明显的散热实用功能后，相关人员应及时在两个不同的铜外壳表面结构安设相应的覆铜区域，同时集中讲大量热透气孔紧密与相关结构相联系后，促使多个绕组圈被合理分离后散发热量。

参考文献

- [1] 王其英. 机房与 UPS 选型技术手册[M]. 中国电力出版社, 2008.
- [2] 舒尔茨. 绿色虚拟数据中心[M]. 人民邮电出版社, 2010.
- [3] 马斯洛. 马斯洛人本哲学[M]. 九州图书出版社, 2003.
- [4] 保罗·安德森, 盖纳·巴克豪斯, 丹尼尔·柯蒂斯,等. 低碳计算技术:2050 年展望(之三)[J]. 中国信息界, 2010, 000(008):65-70.
- [5] 刘炳良, 康兵, 刘锋. 直流电机控制的 PCB 电路板设计[J]. 信息系统工程, 2012(11):3.
- [6] 蔡运富. 论直流电机驱动 PCB 大电流处理问题及措施[J]. 黑龙江科技信息, 2017(11):1.
- [7] 杨瑞萍, 陈博. 基于 STM32 的智能语音药箱控制系统的设计[J]. 电子制作, 2021(1):3.
- [8] 陈晓哲. 直流电机驱动振动机械的振动同步,控制同步及复合同步的研究[D]. 东北大学, 2017.
- [9] 曹译恒, 曹长利. 基于单片机的 PWM 直流电机调速系统的硬件设计[J]. 数码设计(下), 2018.

版权声明: ©2023 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS