



深圳市恒创技术有限公司

# EMC 期刊分享 (2024年)

五月第1期 3KW开关电源整改案例分享

## 3KW 开关电源整改案例分享

### 一. 现象描述

#### 1. 产品信息

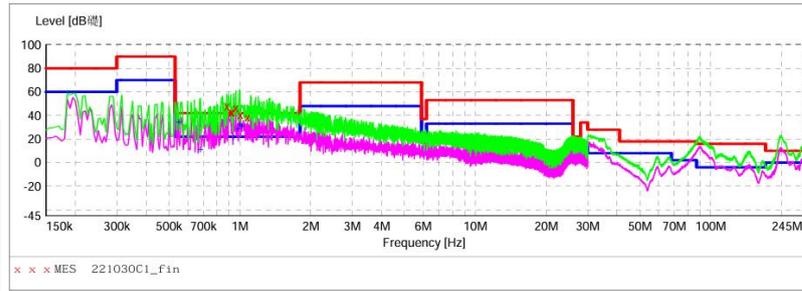
一款房车升压开关电源在依据长城 GWT A D05-02 标准测试时传导发射和辐射发射均不符合要求



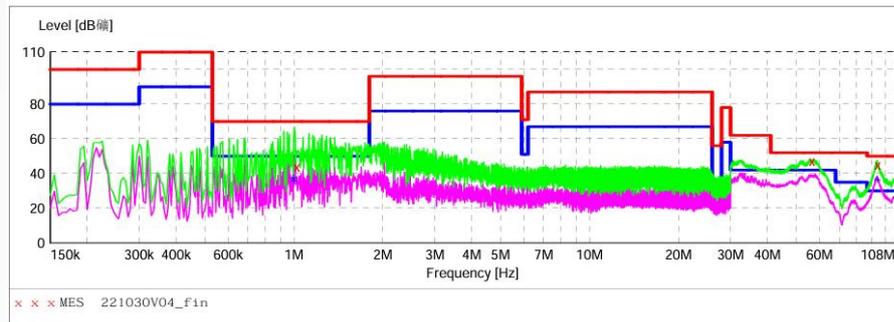
#### 2. 整改前数据



辐射发射



传导发射（电流法）



传导发射（电压法）

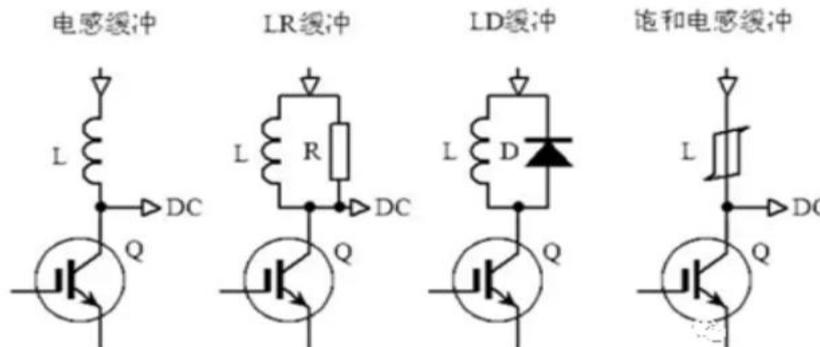
## 二、定位过程

### 1. 原因分析

开关电源的 EMI 干扰源主要集中在开关功率管、整流二极管、高频变压器等：

#### (1) 开关功率管

开关功率管工作在 ON OFF 快速循环转换的状态， $dv/dt$  和  $di/dt$  都在急剧变化中相互转换，因此，开关功率管既是电场耦合的主要干扰源，也是磁场耦合的主要干扰源，同时也是热噪声的产生源。



## (2) 高频变压器

高频变压器的 EMI 来源集中体现在漏感和分布电容所对应的  $dI/dt$  和  $dV/dt$  快速循环变换，因此高频变压器是电、磁场耦合的重要干扰源。

## (3) 整流二极管

开关电源中的整流主要包括输入级的低频整流和输出级的高频整流，而输出级的高频整流有时是由快恢复二极管来承担，有时是由可控的同步整流技术来承担。输入级的低频整流二极管由于发热而带来的 EMI 主要体现在低频段，而输出级的高频整流的 EMI 来源集中体现在反向恢复特性上，反向恢复电流的断续变化点会在引线/PCB 布线电感以及杂散电感等电感上产生较高的  $dV/dt$ ，从而导致极强的电磁干扰。

## (4) PCB

实际上 PCB 布局和引线是上述干扰源的耦合和传输通道，PCB 布局和引线，以及连线的长短和粗细的优劣，直接影响着对上述 EMI 源所产生的 EMI 抑制的好坏。因此开关电源设计过程中 PCB 设计也是至关重要的。

## 1. 整改思路

开关电源 EMI 传输渠道分类

### 1、EMI 传导干扰的传输渠道

(1) 容性耦合

(2) 感性耦合

(3) 电阻耦合，包括公共电源内阻产生的电阻传导耦合、公共地线阻抗产生的电阻传导耦合、公共线路阻抗产生的电阻传导耦合。

### 2、辐射干扰的传输通道

(1) 在开关电源中，能够成辐射干扰源的元器件和导线均可以被假设为天线，从而利用电耦机子和磁耦机子理论进行分析。二极管、电容、开关功率管可以假设为电耦机子，电感线圈可以假设为磁耦机子

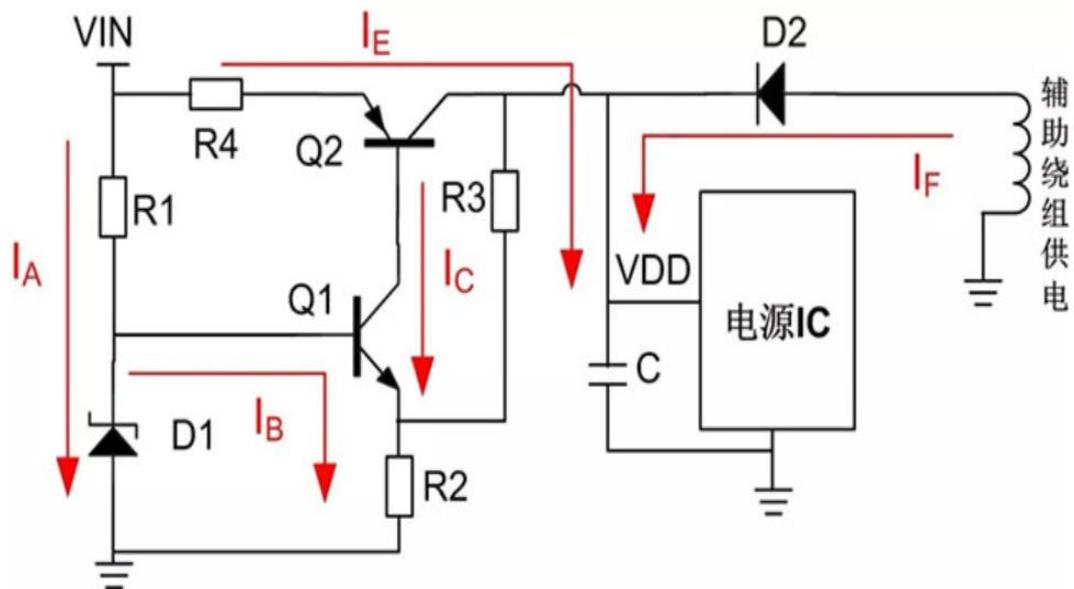
### 3、开关电源 EMI 一直的 9 大措施

在开关电源中，电压和电流的突变到  $dV/dt$  和  $dI/dt$ ，是其 EMI 产生的主要原因。实现开关电源的 EMC 设计技术措施主要基于以下两点：

- (1) 尽量减少电源体本身所产生的干扰源，利用抑制干扰的方法或产生干扰较少的元器件和电路，并进行合理 PCB 设计
- (2) 通过接地、滤波、屏蔽等技术抑制电源的 EMI，从而提高电源的 EMC。

4、开关电流 EMI 抑制的措施如下：

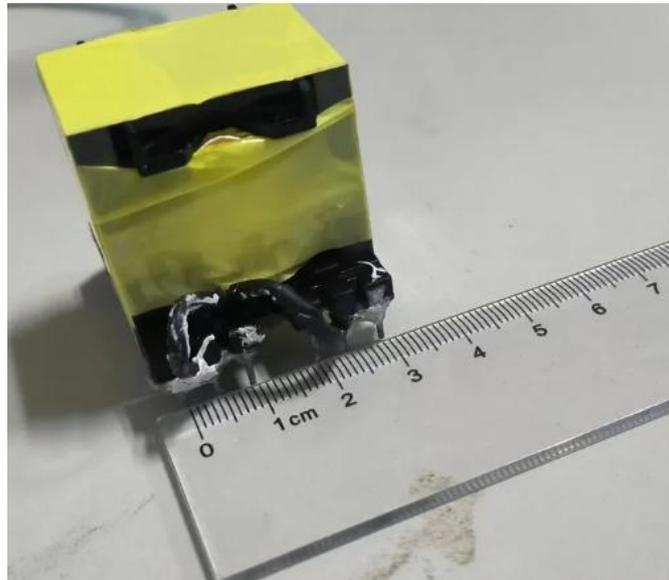
- (3) 减少  $dV/dt$  和  $dI/dt$ （降低其峰值、减缓其斜率）；
- (4) 采用具有软恢复特性的二极管，或可控制的同步整流技术以降低高频段 EMI；
- (5) 前级采用有源功率因数校正 (PFC) 技术，以及其他谐波校正技术；
- (6) 输入端采用合理设计的工模和差模滤波器；
- (7) 合理的接地处理；
- (8) 有效的屏蔽措施；
- (9) 合理的 PCB 设计；



## 4、高频变压器漏感的控制

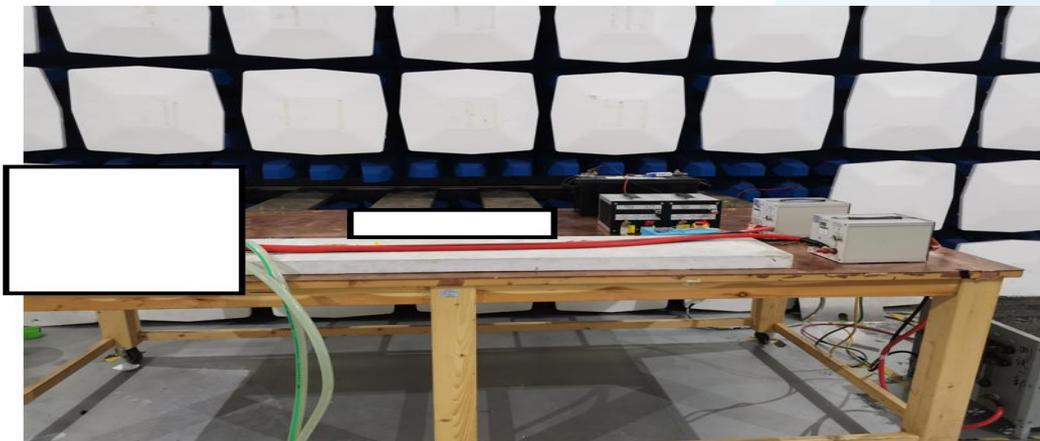
高频变压器的漏感是开关功率管关断尖峰电压产生的重要原因之一。此控制漏感成为解决高频变压器带来的 EMI 首要面对的问题。减少高频变压器漏感两个切入点是电气设计、工艺设计

- (1) 选择合适磁芯，降低漏感。漏感与原边匝数平方成正比，减少匝数会显著降低漏感。
- (2) 减少绕组间的绝缘层，以提高初级与其他次级绕组间耦合
- (3) 次级绕组夹在初级绕组之间，以增加绕组间的耦合度，从而减少漏感。



## 三、产品整改

### 1、试验布置

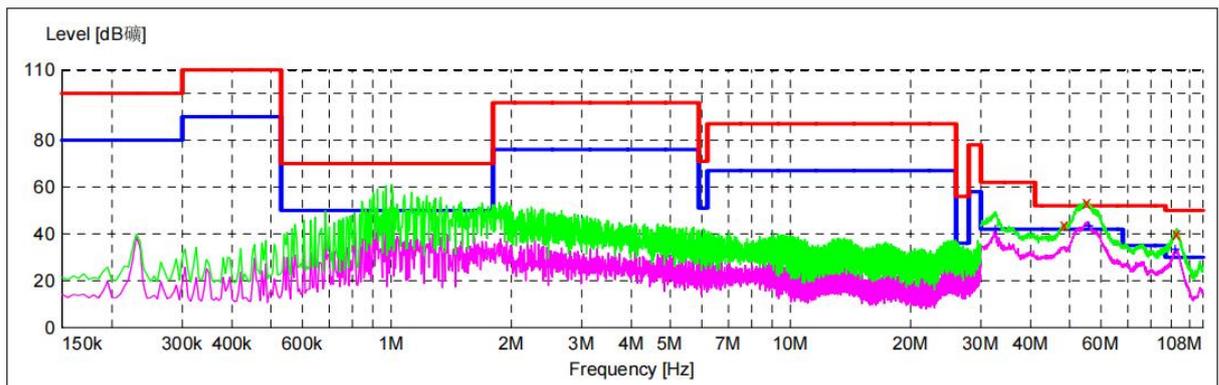


## 2、问题整改：

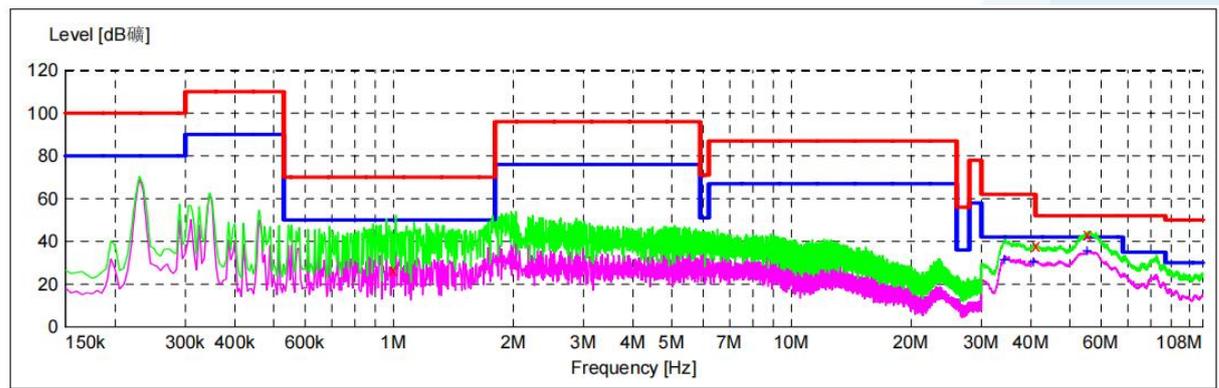
【问题描述一】输入端口滤波不合理，导致干扰从输入端口对外进行传导发射干扰；

### 【问题改善建议】

1. 12V 输入负线与 GND-inner 之间跨接电容；
2. 12V 输入正线位置增加对地的两颗并联电容，分别为 1nF 和 220pF；
3. CAN 线 0Ω 电阻改为 1400Ω@100MHz 共模电感；
4. 辅源原边 MOS 管的 2、3 脚并联吸收电容，参数 220pF；副边整流二极管增加吸收电容，参数 220pF。



整改前的输入端口测试数据

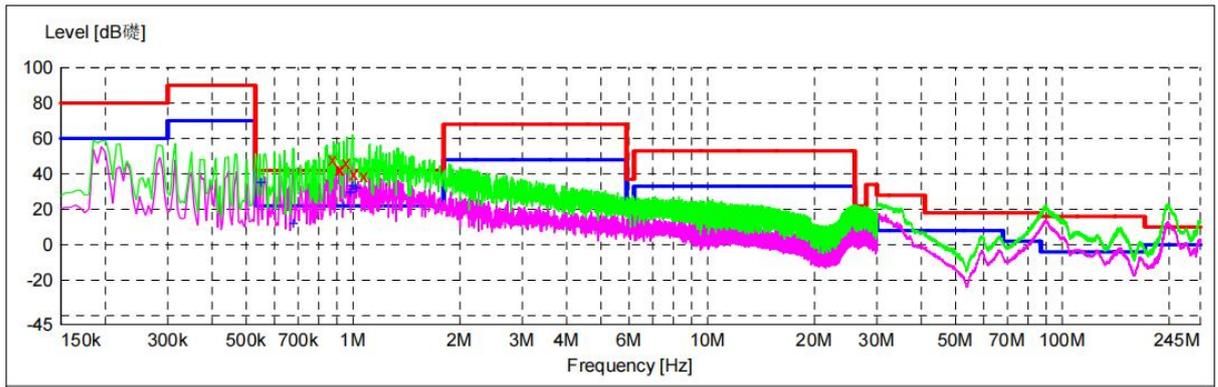
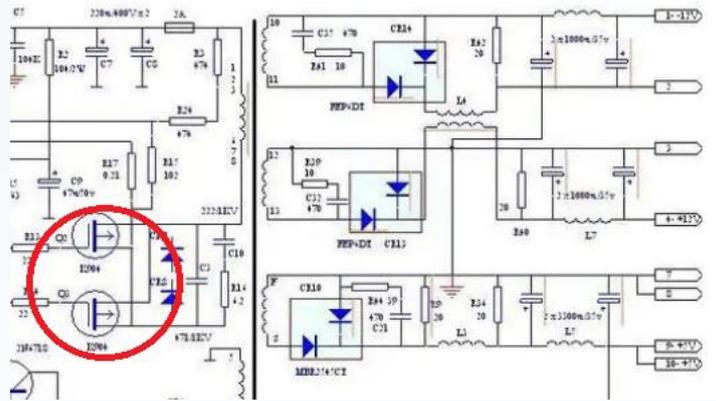


整改后的输入端口测试数据

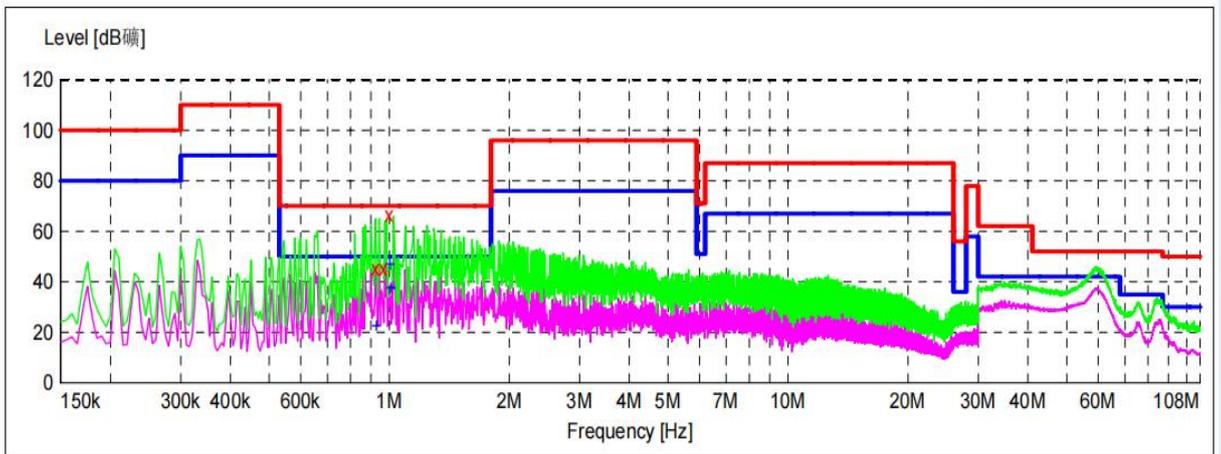
【问题描述二】主功率部分为产品的主干扰源；

### 【问题改善建议】

- 1、高频开关管驱动电阻改为 15-22  $\Omega$ ；在改版时应把电阻分别靠近各自的管子 1 脚放置；
- 2、高频开关管的吸收改为两个 4700pF（0805，优先 1206）串联或者单个 2200pF。改版时靠近各自管子放置；



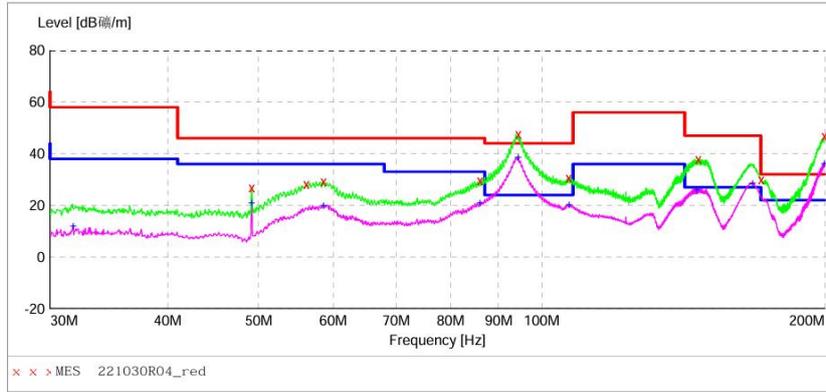
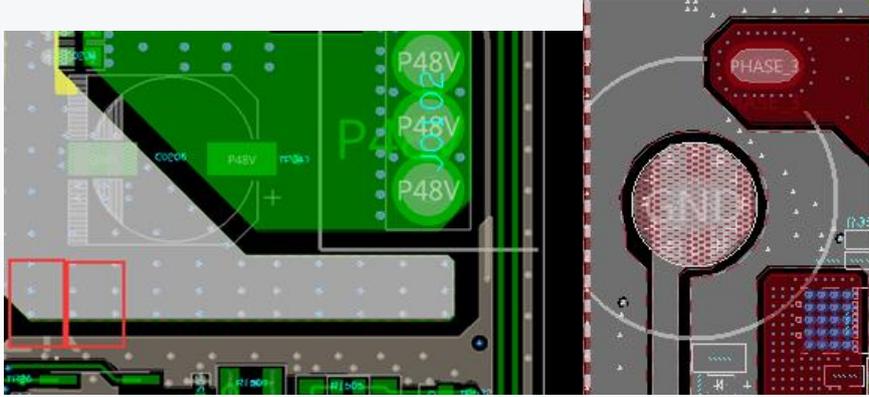
整改前电流法 50mm 数据



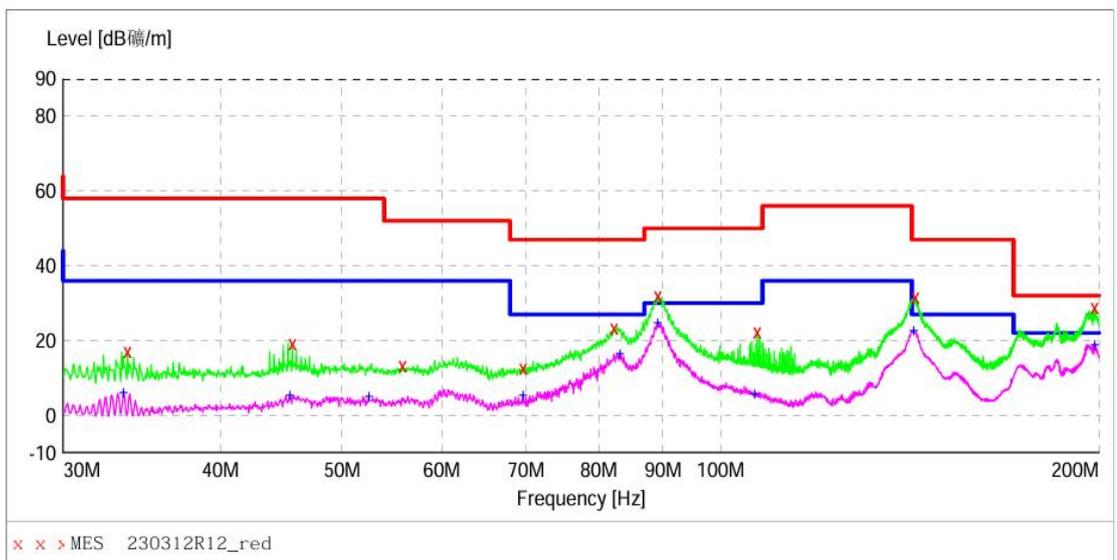
整改后电流法 50mm 数据

【问题描述二】PCB 回路为辐射发射最大的问题点；

【问题改善建议】48V 端子左侧功率地和辅源地通过两个 0805 或 1206 的 0Ω 电阻相连；并将接地孔与功率地各层直接相连。



整改前的辐射发射数据



整改后的辐射发射数据

#### 四、案例总结

- 1、开关电源输入、输出滤波必须做滤波处理，并且滤波电路中电容、电感需计算谐振频率点，并不是任何参数都可以；
- 2、开关管需做滤波处理，必须控制  $dv/dt$  和  $di/dt$ （降低其峰值、减缓其斜率），控制  $dv/dt$  和  $di/dt$  时需注意滤波参数，避免开关管因吸收产生干过热炸机；
- 3、PCB 板设计时需充分考虑回路问题，外壳为金属的话则需使用多点接地；
- 4 采用具有软恢复特性的二极管，或可控制的同步整流技术以降低高频段 EMI；

感谢您对恒创技术的支持，敬请期待下一期；



恒创公众号



恒创订阅号

深圳市恒创技术有限公司——您的电磁兼容伙伴

公司地址:深圳市宝安区黄田工业城中信宝光电产业园 A5 栋 102

联系邮箱 : [li@hc-emc.com](mailto:li@hc-emc.com)

公司网址 : [www.hc-emc.com](http://www.hc-emc.com)

电话 : 0755-27082789\27083789 转 806

传真 : 0755-27325566-804