

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2011.02.025

# 实用接地技术在电装中的应用分析

廖华冲, 朱文兵, 赵国玉

(中国兵器工业第 58 研究所 产品制造部, 四川 绵阳 621000)

**摘要:** 为保证电子设备在复杂的电磁环境中能正常、可靠地工作, 对接地技术进行研究。在分析单点接地、多点接地、混合接地、浮点接地的优缺点的基础上, 考虑和分析地电位分布, 根据不同的信号地、模拟地、功率地、机械地、基准地, 对几种典型的接地技术进行综合应用。结果表明, 该分析科学、正确, 可为相关人员提供参考。

**关键词:** 接地技术; 电装; 分析; 应用

**中图分类号:** TH162 **文献标志码:** A

## Analysis and Application of Practical Grounding Technology in Electronic Fitting

Liao Huachong, Zhu Wenbing, Zhao Guoyu

(Dept. of Product Manufacturing, No. 58 Research Institute of China Ordnance Industries, Mianyang 621000, China)

**Abstract:** To ensure that electronic equipment in a complex electromagnetic environment can be normal, reliable work, research the grounding technology. On the basis of analyzing the advantages and disadvantages of single-point grounding, multi-point grounding, mixed grounding and floating grounding, consider and analyze earth potential distribution, according to different signal ground, analog ground, power ground, mechanically ground and reference ground, several typical grounding technology was applied comprehensively. The result shows that it is scientific and correct, which will give the reference for concerned personnel.

**Keywords:** grounding technology; electronic fitting; analysis; application

### 0 引言

随着现代电子技术的迅速发展, 电子设备越来越复杂, 集成度和使用频率也越来越高。设备内凡是有信号电流经过的地方, 如元器件、集成电路、PCB 的走线等, 都会向空间辐射电磁能量, 频率越高就越容易产生电磁辐射。在复杂的电磁环境中, 要保证电子设备能正常、可靠地工作, 除了在电路设计、结构设计上必须考虑电磁辐射的抑制外, 还必须在电装中使用合适的接地技术。

### 1 电装中的接地概念

即使电阻率接近零的导体, 其表面两点之间渡越时间的延迟也会呈现某种电抗效应, 因此, 理想的接地平面是不存在的。接地平面上的点并非都经常处于零电位, 即使在比较理想的情况下, 在两接地点之间也会产生微弱的电位差。所以, 在电装过程中应充分考虑和分析地电位分布情况, 寻找接地平面上的相对低电位点, 作为敏感元器件、电路或设备的接地点, 并可靠接地。

### 2 几种常见接地方式分析

电装中的接地按接地方式分类主要有单点接地、多点接地、混合接地、浮点接地等。

#### 2.1 单点接地

单点接地是在一个线路中, 只有一个物理点被定义为参考点的接地方式。一个电子设备是否选择单点接地, 主要取决于系统的工作信号频率和接地线的长度。其表征量是  $L/\lambda$ 。其计算公式为:

$$L/\lambda = L \times f/c$$

其中,  $L$  为接地线长度;  $\lambda$  为工作波长;  $c$  为介质中电磁场传播速度;  $f$  为工作频率。当  $L/\lambda \leq 0.1$  时, 选择单点接地; 否则, 选择多点接地。因此, 单点接地多用于低频设备系统中, 单点接地的应用范围一般在 300 kHz 以下, 在有些场合也可用在 1 MHz 以下。单点接地系统的优点是地线不易构成回路。

#### 2.2 多点接地

多点接地是系统中各个接地点都直接接到距它最近的接地平面上, 使接地引线的长度最短的接地方式。多点接地一般在频率  $f > 10$  MHz 的情况下使用, 其优点是电路构成比单点接地简单, 而且接地线上可能出现的高频驻波现象会显著减少。因此, 它是高频信号电路中常用的接地方式。但是多点接地以后, 设备内部存在许多地线回路, 必须要提高接地系统的质量。多点接地时, 为了降低电路的地电位, 每个电路的地线应尽可能短, 以降低地线阻

收稿日期: 2010-10-10; 修回日期: 2010-11-23

作者简介: 廖华冲 (1982—), 男, 湖北人, 学士, 助理工程师, 从事电装工艺研究。

抗。在高频时, 由于集肤效应, 高频电流只流经导体表面, 即使加大导体厚度也不能降低阻抗。为了在高频时降低地线阻抗, 要将地线和公共地镀银。在导线截面积相同的情况下, 常用矩形截面导体制成接地导体带。为了使多点接地有效, 当导线长度超过最高频率的  $\lambda/10$  时, 多点接地就需要一个等电位接地平面。系统中每一级或每一部分都各自用接地线分别单点就近接地, 其每级中的干扰电流就只能在本地中循环, 而不会耦合到其他级中。在多点串联接地系统中, 使串联的顺序尽可能由小信号电路单元向大信号电路单元移动, 以避免大信号对小信号的影响。

### 2.3 混合接地

混合接地是单点接地和多点接地的组合。如果电子设备中电路工作频带很宽, 低频时需单点接地, 高频时又需要多点接地, 此时应采取混合接地的方式。实际用电子设备的情况比较复杂, 很难通过某一种简单的接地方式解决问题, 因此, 混合接地应用更为普遍。混合接地的应用频率范围为 50 kHz~10 MHz。

### 2.4 浮点接地

浮点接地是将该电路的“地”与公共地或可能引起环流的其他类型地(例如安全地, 结构地及其他接地系统等)隔离开来的接地方式。各个设备内部电路都有各自的“参考地”, 它们通过低阻抗接地导线连接到信号地, 信号地与公共地、结构地及其他接地系统隔离。这种接地方式优点是可以避免其他接地回路中存在的干扰电流影响信号接地回路。其缺点是该电路易受寄生电容的影响, 造成电路中地电位的变动和增加了对模拟电路的感应干扰。由于设备不与大地直接相连, 容易产生静电积累现象, 当积累起来的电荷达到一定程度后, 在设备和大地之间会产生具有强大放电电流的静电击穿现象。为解决这个问题, 可以在设备和大地之间接一个阻值很大的泄放电阻, 以消除静电积累的影响。

## 3 电装中实用接地技术的选择及应用

电装中遇到的“地”主要有信号地、模拟地、功率地、机械地、基准地等。对电装中的“地”要先弄清楚属于什么性质, 然后才能对这些“地”进行正确的接地处理。

### 3.1 接地方式的一般选择

一般来说:  $f$  在 1 MHz 以下, 采用单点接地方

式;  $f$  高于 10 MHz, 采用多点接地方式;  $f$  在 1~10 MHz 之间, 采用混合接地方式。但选择也不是绝对的, 还要看通过的接地电流的大小, 以及允许在每一接地线上产生多大的电压降。除了在低频情况下, 为防止结构地、安全地中的干扰地电流骚扰信号接地系统外, 一般不采用浮点接地的方式。

### 3.2 几种常见电路的接地点应用

放大器与信号源连接构成电路时, 为了抑制接地干扰电压对放大器输入端产生的干扰, 应采用信号源与地隔离的单点接地方式。

多极电路的接地点选择应使低电平级电路受干扰最小, 因此, 多极电路的接地点应选择在低电平级电路的输入端, 谐振回路必须单点接地。如果把谐振回路的电感  $L$  和电容  $C$  分别接地, 在接地回路中将有高频大电流通过, 会产生很强的地回路干扰。如果将谐振回路的电感  $L$  和电容  $C$  取一点接地, 使谐振回路本身形成一个闭合回路, 高频大电流将不通过接地面, 就可以有效抑制地回路干扰。

### 3.3 机柜装焊中的接地应用

在机柜的装焊中也存在着大量的接地情况, 主要有信号地、功率地、机械地等。机柜中各机箱的地和机柜的地连接, 应该把每个机箱的信号地、功率地分别引出到设备机壳外表面的连接点上, 该连接点在电气上与机壳绝缘, 而机壳可以就近与机柜安装的大地相接。无论是那种类型的机柜, 在机柜的两侧或一侧, 在敷设低频电缆前, 都应错装好主地线(铜镀银宽 10~20 mm)。

机柜的接地可以采用 3 层次接地系统, 即信号地、功率地和机械地均按照各自的接地要求进行完毕, 然后一起汇入基准地, 基准地与大地相连。

### 3.4 信号电缆的屏蔽层接地应用

在电装中经常会遇到各种带屏蔽层的信号电缆。屏蔽层与设备地相连后, 屏蔽层也成为设备地的一部分。 $L/\lambda$  原则依然适用于屏蔽层的一般接地处理。当  $L/\lambda \leq 0.1$  时, 屏蔽层接地选择单点接地方式; 当  $L/\lambda > 0.1$  时, 屏蔽层接地选择多点接地方式。

## 4 结束语

通过对几种接地技术的典型应用, 在实际的电装工作中起到了很好的作用, 可为研究和从事电装接地技术的人员提供参考。

参考文献:

[1] 李晓麟. 实用电子装联技术[J]. 电子工艺技术, 2001, 22(6): 272-274.  
 [2] 李晓麟. 整机装联中的接地技术与处理[G]. 中国兵工学会第三期电装工艺技术高级研修班资料汇编.  
 [3] 孙延林. 电子工业静电防护指南[M]. 北京: 电子工业出版社, 2006: 76-80.

[4] 刘玲, 郝云刚. 伺服箱体的电磁屏蔽设计[J]. 兵工自动化, 2009, 28(12): 41-44.  
 [5] 贾忠中. SMT 工艺质量控制[M]. 北京: 电子工业出版社, 2007: 86-89.  
 [6] 郭云松, 张子车, 姚淳. 电磁兼容中的接地技术. (2009-07-22)http://www.21ic.com/app/analog/200907/45237.htm

\*\*\*\*\*

(上接第 81 页)

$$P_{dx} = E[dXdX^T] = \begin{pmatrix} AB \\ CD \end{pmatrix} \{ E[dVdV^T] \} \begin{pmatrix} AB \\ CD \end{pmatrix}^{-1} \quad (10)$$

式中,  $E[dVdV^T] = \text{diag}[\sigma_\rho^2, \sigma_\theta^2]$

定义  $P_{dx} = \begin{pmatrix} \sigma_x^2 & \sigma_{xy} \\ \sigma_{xy} & \sigma_y^2 \end{pmatrix}$  将

$$\rho = \sqrt{(x-\frac{L}{2})^2 + y^2} + \sqrt{(x+\frac{L}{2})^2 + y^2}$$

$$\cos\theta = \frac{x-\frac{L}{2}}{\sqrt{(x-\frac{L}{2})^2 + y^2}}$$

$$\sin\theta = \frac{y}{\sqrt{(x-\frac{L}{2})^2 + y^2}}$$

代入式 (9) 中的 A、B、C、D 得:

$$\sigma_x^2 = (A^2(d\rho)^2 + B^2(d\theta)^2) / E^2$$

$$\sigma_y^2 = (C^2(d\rho)^2 + D^2(d\theta)^2) / E^2$$

$$\sigma_{xy} = (A^2(d\rho)^2 + B^2D^2(d\theta)^2) / E^2$$

$$A' = \frac{(x-L/2)^2}{((x-L/2)^2 + y^2)^2}$$

$$B' = \left( \frac{x-L/2}{\sqrt{(x-L/2)^2 + y^2}} + \frac{x+L/2}{\sqrt{(x+L/2)^2 + y^2}} \right)^2 \quad (11)$$

$$C' = \frac{y^2}{((x-L/2)^2 + y^2)^2}$$

$$D' = \left( \frac{x-L/2}{\sqrt{(x-L/2)^2 + y^2}} + \frac{x+L/2}{\sqrt{(x+L/2)^2 + y^2}} \right)^2$$

$$E = (x+y-L/2)(x-L/2) + \frac{(x+L/2)(\sqrt{(x-L/2)^2 + y^2})}{\sqrt{(x+L/2)^2 + y^2}}$$

再把  $\rho=C\Delta T+L$  得出的  $d\rho=Cd\Delta T$  代入误差协方差矩阵得:

$$\sigma_x^2 = (A'^2 C^2 (d\Delta T)^2 + B'^2 (d\theta)^2) / E^4 \quad (12)$$

$$\sigma_y^2 = (C'^2 C^2 (d\Delta T)^2 + D'^2 (d\theta)^2) / E^4$$

$$\sigma_{xy}^2 = (A'^2 C^2 (d\Delta T)^2 + B'^2 D'^2 (d\theta)^2) / E^4$$

式 (12) 中, C 是电磁波的传播速度, 由此看出误差的协方差矩阵与时差测量误差  $d\Delta T$  及方位角测量误差  $d\theta$  有直接的关系。代入误差协方差矩阵得:

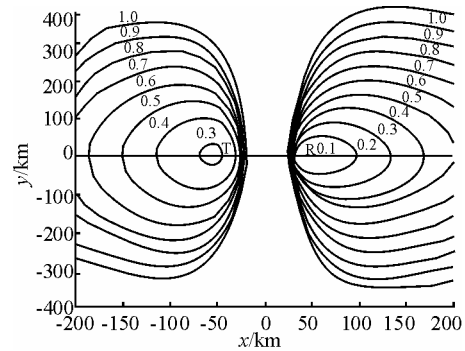
误差协方差矩阵:  $P_{dx} = \begin{pmatrix} \sigma_x^2 & \sigma_{xy} \\ \sigma_{xy} & \sigma_y^2 \end{pmatrix}$

定位精度:  $GDOP = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2} \quad (13)$

可见, 误差协方差矩阵不但是测量目标的直角坐标 x、y 函数, 还与所测得的时差测量的精度  $d\Delta T$ 、方位角测量精度  $d\theta$  有关。

3 GDOP 的理论曲线

根据式 (13) 可画出等剖面的 GDOP 等值线分布图如图 2。



$d\Delta T=0.33 \mu s, d\theta=3 \text{ mrad}, T(-40 \text{ km}, 0), R(40 \text{ km}, 0)$

图 2 等剖面的 GDOP 等值线分布图

由图 2 可知, 测量误差以及目标的位置对定位精度产生影响的规律为: 存在一个精度较差的基线区, 在基线内几乎不可以对目标进行定位, R 站区的定位精度较高, 而且离 R 站越近定位精度越高; 而在 T 站区定位精度较差, 离 R 站越近定位精度越高, 离 R 站越远定位精度越低; 时差越大定位精度越低, 时差越小定位精度越高, 说明这种系统对低空飞行的目标有很好的探测性能。

4 小结

利用该方法可得到定位精度的一般表达式及其理论曲线, 以及目标和接收机之间的相对几何关系与测量误差的关系, 可有效实现对静/动目标的定位。

参考文献:

[1] 孙仲康, 周一宇, 何黎星. 单多基地有源无源定位技术 [M]. 北京: 国防工业出版社, 1996.  
 [2] 杨振起, 张永顺, 骆永军. 双(多)基地雷达系统[M]. 北京: 国防工业出版社, 2001.  
 [3] Target Tracking Using Television-Based Bistatic Radar P. E. Howland PhD MEng CEng MIEE 2001.