

台达交流马达驱动产品

安装规范说明书 符合电磁兼容规则

前言

交流马达驱动器的周围有杂音源，则经放射或经电源线路而入侵交流马达驱动器，引致控制回路误动作，甚至引致交流马达驱动器跳脱或损毁。当然会想到提高交流马达驱动器本身耐杂音的能力也是对策，但并非经济，而且所能提高之程度有上限，因此防范电磁杂音的对策就是要针对噪声的来源来对症下药施予“不让它发出”，“不让它传播”及“不让它收到”的三阶段层次性防护；此所谓的护理性「三护」都要齐施。

事前准备

- ☑ 确认导致误动作的真正原因是噪声
- ☑ 掌握噪声产生源及侵入路径
- ☑ 找到有效信号及噪声来源确认

具体对策

- ☑ 接地补强
- ☑ 屏蔽对策
- ☑ 滤波

目录

1. EMC 简介

2. 干扰防制

- 干扰分类
- 干扰来源
- 防制方式
 - 接地
 - 屏蔽
 - 滤波

EMC 简介

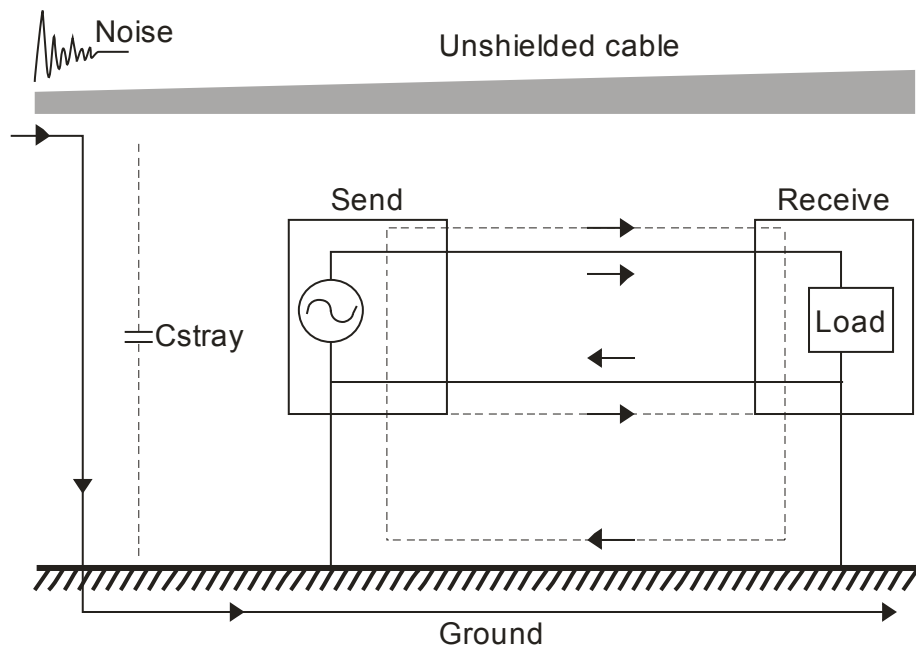
EMC 即为电磁兼容性，它是描述电气设备在电磁环境中能够维持良好工作的能力，而且在工作时不能产生影响其它装置的电磁干扰。电气设备中的噪声发射与抗干扰能力是评断 EMC 好坏的两个重要特性。一般而言，电器设备应同时具有对抗高频噪声与低频噪声的能力。其中高频噪声包含静电放电、脉冲波干扰、辐射电磁场和含有高频噪声的传导性突波等；而低频噪声则包含电源电压不平衡或波动等情形。

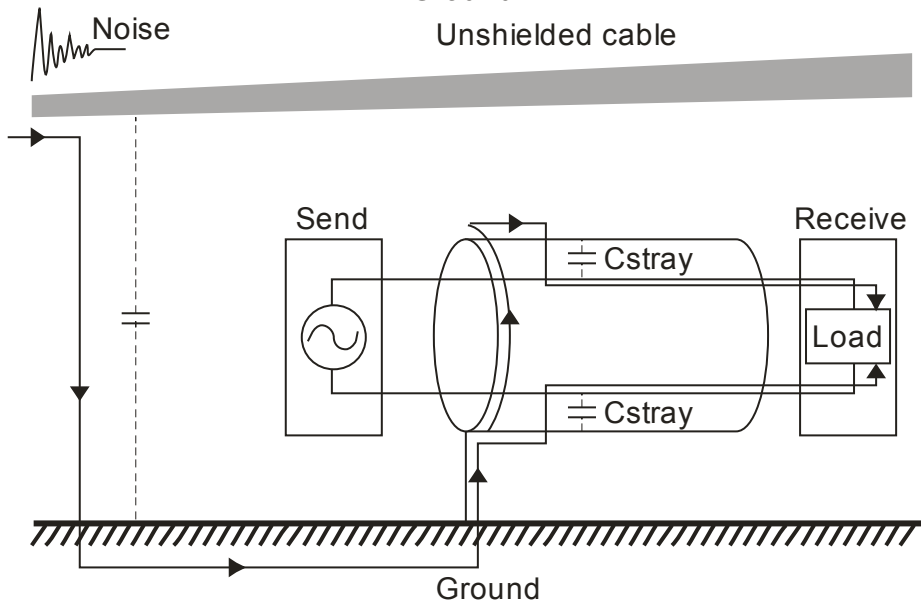
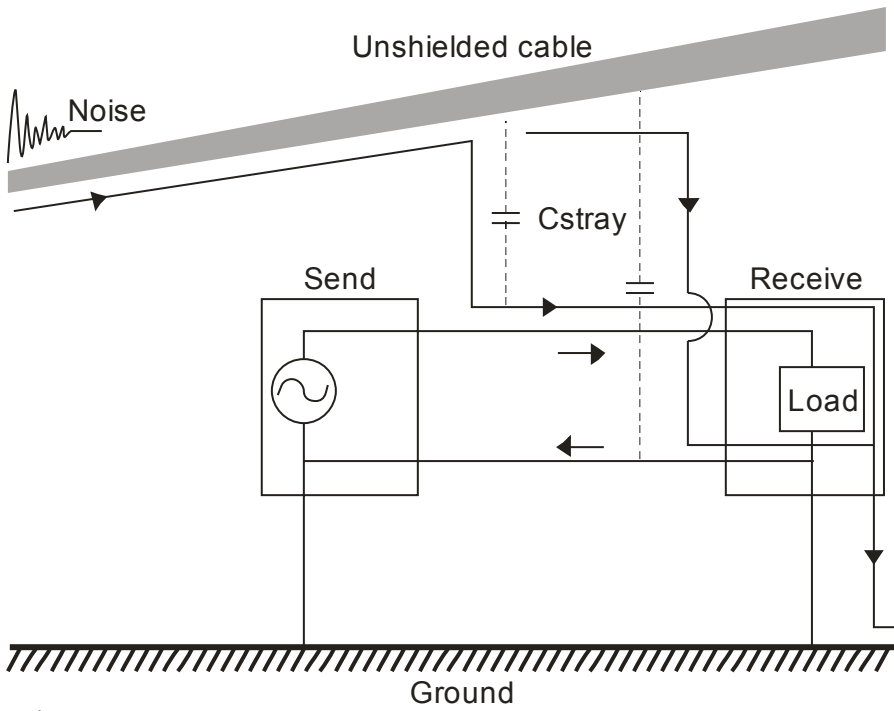
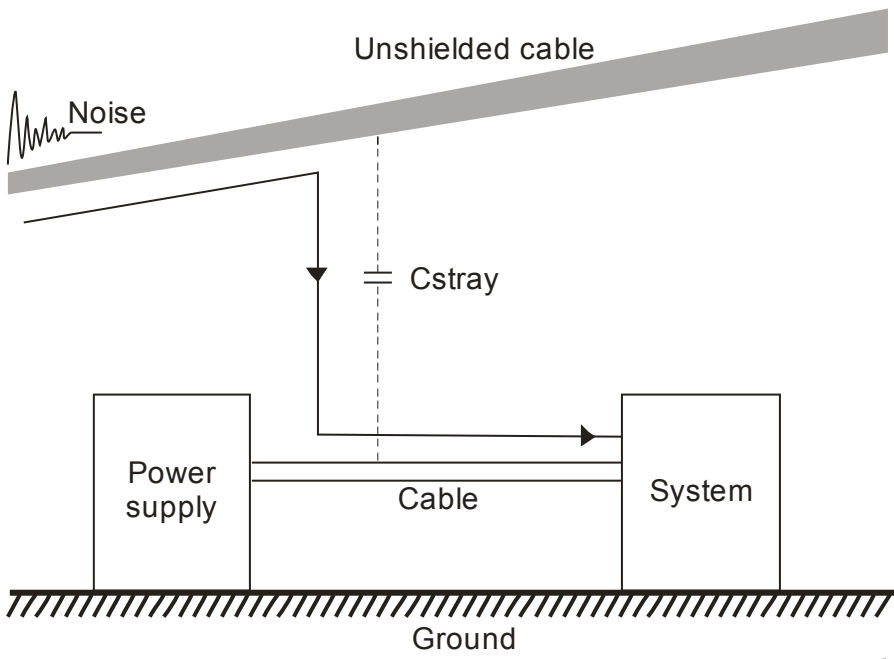
定义噪声发射和抗噪声能力的规范取决于电器设备所处的应用环境。功率系统通常连接至工业或是公共电源系统网络，而一般分为第一类环境(民生环境)与第二类环境(工业环境)。当电器设备接至公共电源系统时，即属民生环境；此时对噪声发射具有严格规定，但抗噪声能力的要求则较宽松。但当设备连接至工业环境时，却是刚好相反，对电器设备的抗噪声能力要求较高，而噪声发射能力则要求较低。

变频器之 EMC

当工厂设备采用变频器作为驱动器时，在变频器的电源输入及输出侧都会产生谐波噪声，对供电网络和变频器周围电器设备都一定会产生 EMC 干扰。不只如此，通常变频器会安装于高电磁干扰的工业环境中，此时变频器不仅可能是噪声发射源，更可能是噪声接收器。

台达的变频器在设计时已针对 EMC 做了最佳化，且符合 EMC 电源系统产品标准 EN61800-3，正确安装变频器可以减小 EMC 干扰，为了确保电力系统可以长期正常运作，一定要依手册确实正确接线与接地。当遇到问题时，请参考本文的相关建议及措施。





干扰防制

干扰分类

共模噪声和差模噪声

变频器的电磁干扰可分为共模噪声和差模噪声。其中差模噪声为导线对导线间存在的杂散电容，因而提供差模耦合电流路径所造成；而共模噪声则为导线对地间存在的杂散电容提供共模耦合电流路径所造成。

基本上，差模耦合电流对于变频器的本身影响较严重，当过大的差模噪声产生时，有可能会引起变频器保护电路的误动作。而共模耦合电流则是对于其它敏感的电气设备影响较大，共模噪声会透过共同的地线干扰其它电气设备，这也是马达电磁干扰的主要问题。

一般而言，当下列情形发生时，变频器的电磁干扰问题将会变严重。

- 1) 大马力数变频器接大马力数马达时。
- 2) 变频器的操作电压越高时。
- 3) 变频器的功率晶体管切换速度过高时。
- 4) 变频器输出侧接长导线时。

噪声传递路径

在变频器中，噪声可以经由传导及辐射的方式进而干扰附近其它敏感电子系统，传递路径可分为以下几种。

- 1) 在未屏蔽的电力线中的噪声电流经由杂散电容传导至地，在地形成共模电压。而另一组传输模块是否可以抵抗此共模噪声与其共模互斥比有关。如图一所示。
- 2) 电力在线的共模噪声透过杂散电容直接耦合到身旁的信号线，如图二所示。此时可用一些标准方法降低此噪声的影响，譬如：将电力线或是信号线屏蔽、将电力线与信号线分开、将信号线输入输出扭转一起平衡杂散电容等方法。
- 3) 共模噪声经由电力线耦合至其它系统电力线，再经由系统的电力线耦合至传输系统。如图三所示。
- 4) 在未屏蔽的电力线中的共模噪声经由杂散电容传导至地，再由其它系统的屏蔽线接地端传导至屏蔽线，最后经屏蔽线与杂散电容的屏蔽传导至信号在线，进而干扰信号。如图四所示。
- 5) 未接地的马达驱动线当有过大的调变脉波流过时，会形成天线，进而产生辐射干扰。

干扰来源

防制方式

接地

接地的方式可依不同的机具设备而设置有不同形式的接地端作为接地电极，需要接地的用电设备以一条接地线和接地电极将须接地的漏电电流导入大地。依照欧姆定律可知，这些电极和大地之

间可能因为不同的接地电阻值而出现不同的电位差异

安全性接地

功能性接地

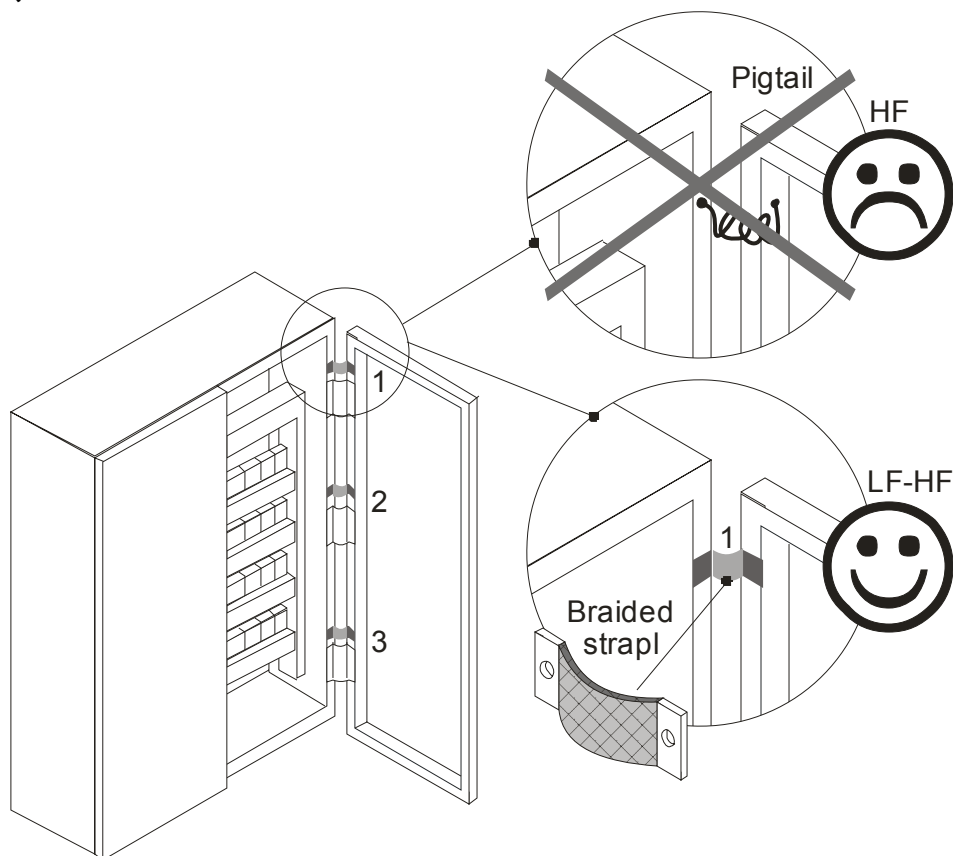
如果要安全用接地与功能用接地两者共存，要注意几件事情

安全接地要求的是低电阻值必须于大地施工；而功能性接地要求的是低阻抗值，可在建筑物内施作

EMC 主要目的是要用来防止噪声之用，这类讯号接地的主要考虑方向是以频率为主。当频率低于 10kHz 时采用单点接地即可；但若频率高于 10kHz 时，则以多点接地有效

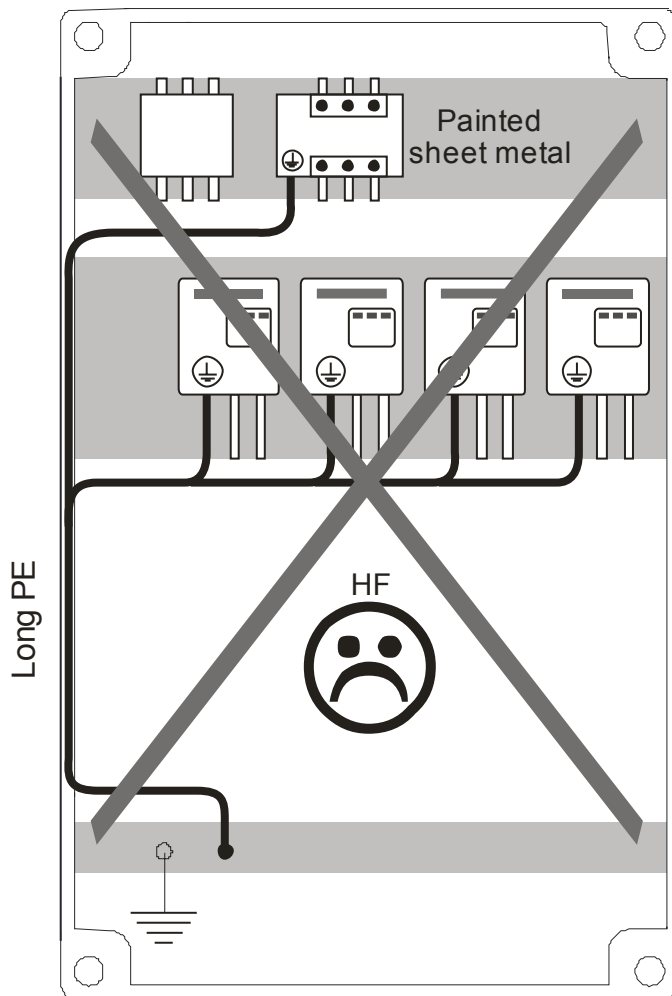
- 单点接地，将众 IT 设备的讯号接地点取出并且接成一点。在接地面方面，可以接大地或是接到基准接地。亦可考虑接到已经接到大地安全接地点上
- 多点接地，将众 IT 设备的讯号接地点分别取出并且独立接地。
- 混合(hybrid)接地，这种接地方式可以同时满足低频和高频的领域，IT 机器设备 A 与 B 以隔离式电缆互相连接。隔离式电缆的一端采用直接接地，而另一端则是透过一只电容器再接地，如此可以同是满足足低频和高频的领域的接地需求
- 浮接(floating)接地，将各 IT 设备的讯号用接地相接并且隔离

当直流电流过导体时会行经整个导体；但若流经过的电流为交流，而且会随着频率的升高，电流就会愈往导体表面移动，这就是所谓的集肤效应 (skin effect)。在这种情形下，导体的有效截面接就会变的愈小，也就是说电阻值会增大。由此可知，欲减少集肤效应的影响，应该增加接地的有效面积已增加高频时的电流量。此时就是考虑将接地线由单线改为编织导体或是带状导体。示意图如下图所示



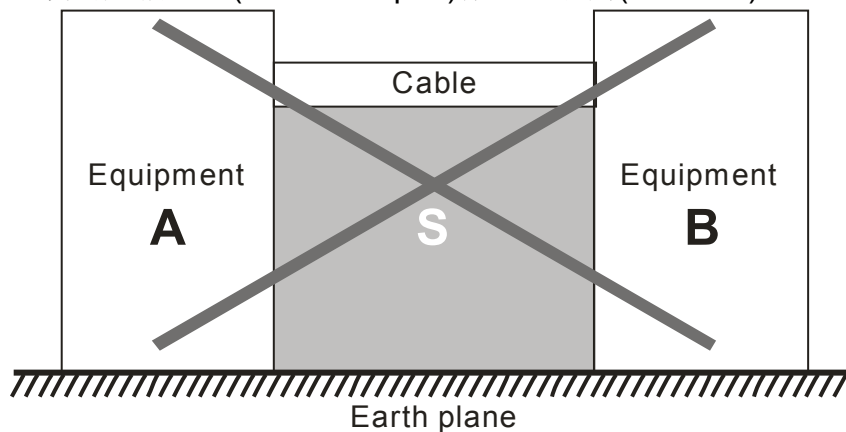
这就是为什么使用短和粗的接地线连接到公用接地点或接地母排上。特别重要的是要连接到变频器的任何控制设备(比如 PLC)要与其共地，同样也要使用短和粗的导线接地，最好采用扁平导体(例如金属网)，因其在高频时阻抗较低。

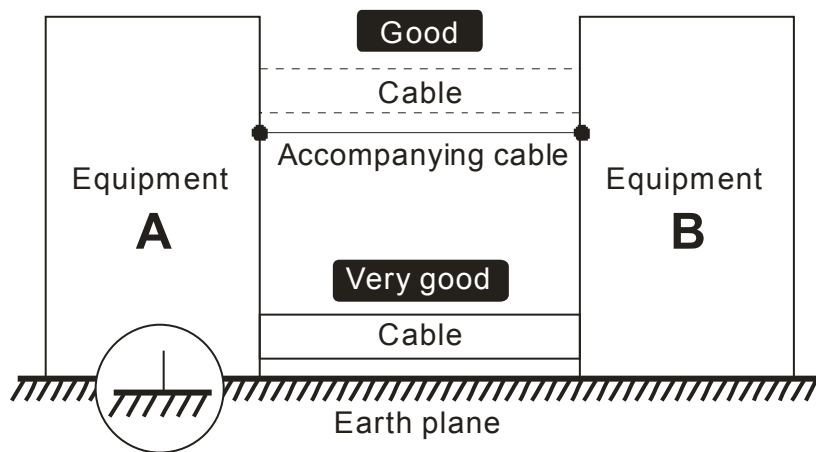
当接地线到达相当长度时，其本身的电感量就有可能与建筑物结构或者控制箱体之间产生互感量与杂散电容量等问题。如下图所示，接地线太长甚至会行成垂直接收天线的效果，成为噪声干扰的来源。



避免形成接地环路(GROUND LOOP), 所谓 Ground loop 就是各机器间的地电位的差异导致电流流动的一种路径, 当数个地方接地(接至大地)时就形成了接地环路, 以下三种方式可以避免接地环路的形成

1. 共享电源电路
2. 一点接地
3. 使用光耦合器(Photo Coupler)作电气隔离(Isolation)





避免常态噪声(NORMAL MODE NOISE), 最基本的方式就是使用并行线或者对绞线(Twist Pair Wire)来配线, 即使是需要绕较远的路径也应该使用此种方式, 而且两条线要尽可能的紧靠在一起。

接地的种类区分

国际标准 IEC 60364 共区分三种标准的接地系统, 分别使用 **TN**, **TT**, **IT** 作为识别码。

第一字代表 接地点 与 电源设备(发电机或变压器)的连接方式:

T: 直接连接在同一点接地;

I: 不连接至接地点(绝缘的), 或有经由高阻抗做设备接地。

第二字代表 接地点 与 用电设备的连接方式:

T: 直接连接至 大地, 指独立于其电源供应系统的地;

N: 经由电源供应系统的接地点接地。

第三 与第四字 代表接地导线的位置:

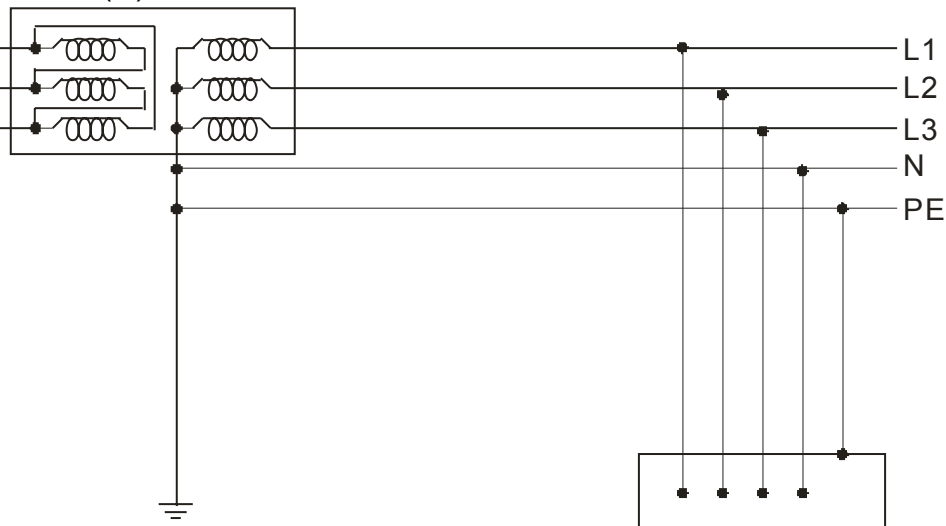
S: 中性点 与 大地分开;

C: 中性点 与 大地并联

TN 接地系统

- **TN 系统**: 用电设备中性点(N)是有连接到电源设备, 譬如 变压器 或 发电机 的接地点, 而用电设备的保护接地(PE)也是连接至电源设备的同一接地点。通常是于电源变压器的 Y 接系统的火线, 与机器设备的机壳框架地点都连接至同一接地端。
- *protective earth (PE)* 保护接地.

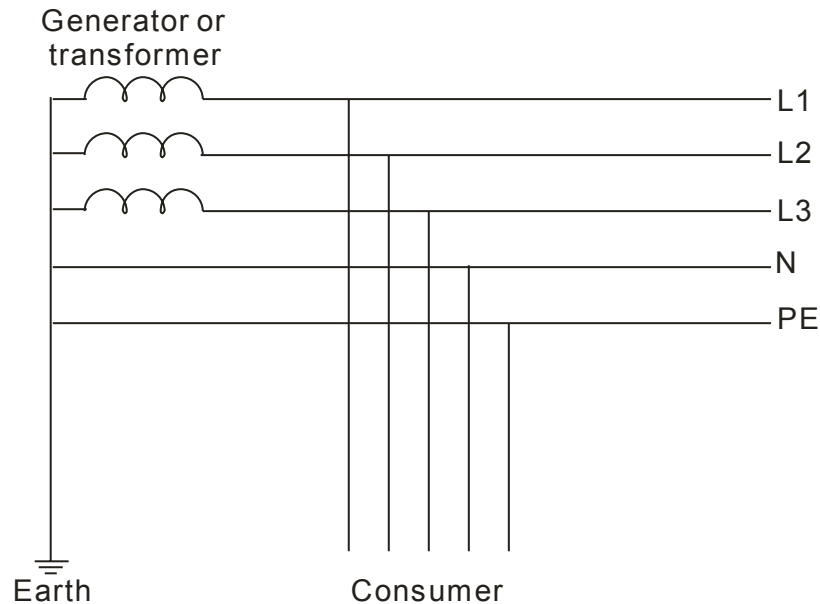
neutral (N) 中性点.



TN-S 接地系统

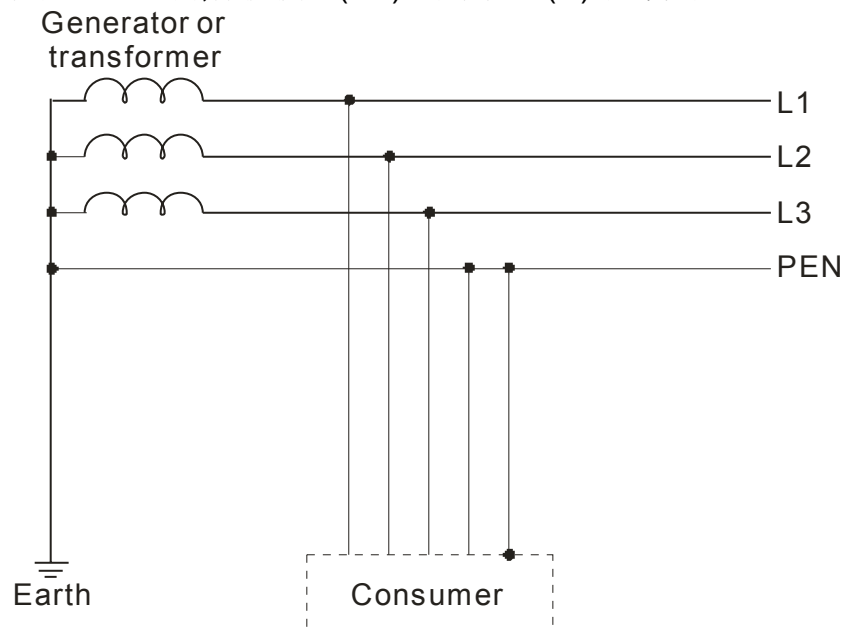
TN-S 系统: 电源设备与用电设备的保护接地(PE) 与中性点(N) 是使用分别的导线, 只有在电源

侧 例如于变压器 或 发电机 的接地点才连接在一起。相等于三相五线式系统。



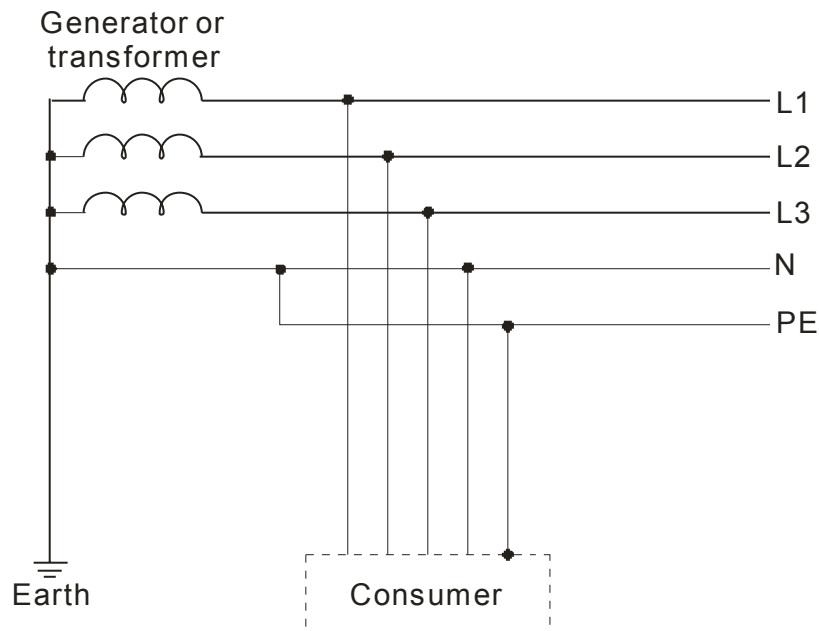
TN-C 接地系统

TN-C 系统：于用电设备的保护接地(PE) 与中性点(N) 是使用分别的导线,类似三相五线式系统。但是于电源侧,保护接地(PE) 与中性点(N) 是使用相同的导线,类似三相四线式系统。



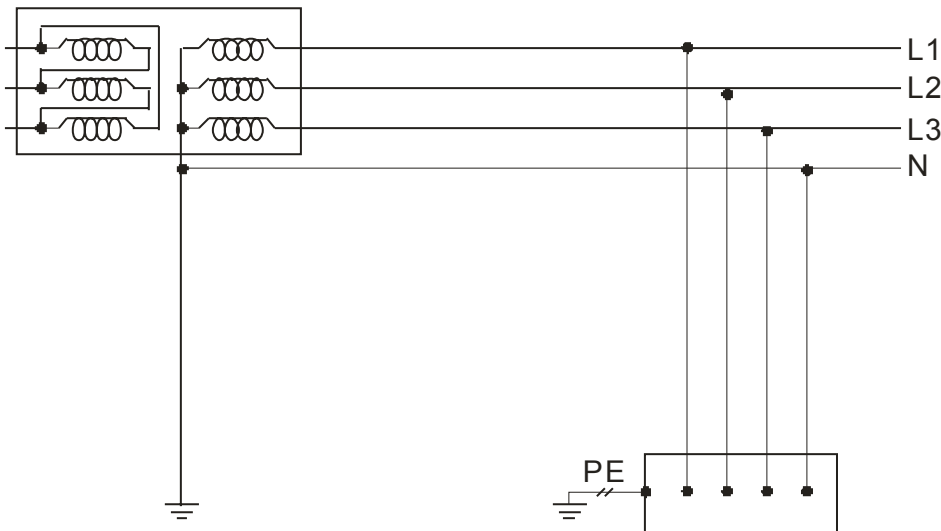
TN-C-S 接地系统

TN-C-S 系统：部份系统使用组合式的 PEN 共同接地, 虽然于使用端是分开的(PE) 保护接地线与 (N) 中性线. 但最终于电源侧是 PEN 共同接地,典型应用为配电站送到建筑物后使用分开的 PE 保护接地线与 N 中性线,此种作法于实际应用上因为直接接地于很多点 能够降低中性点断线的风险,于英国称为 *protective multiple earthing (PME)*,于澳大利亚称为 *multiple earthed neutral (MEN)* 。



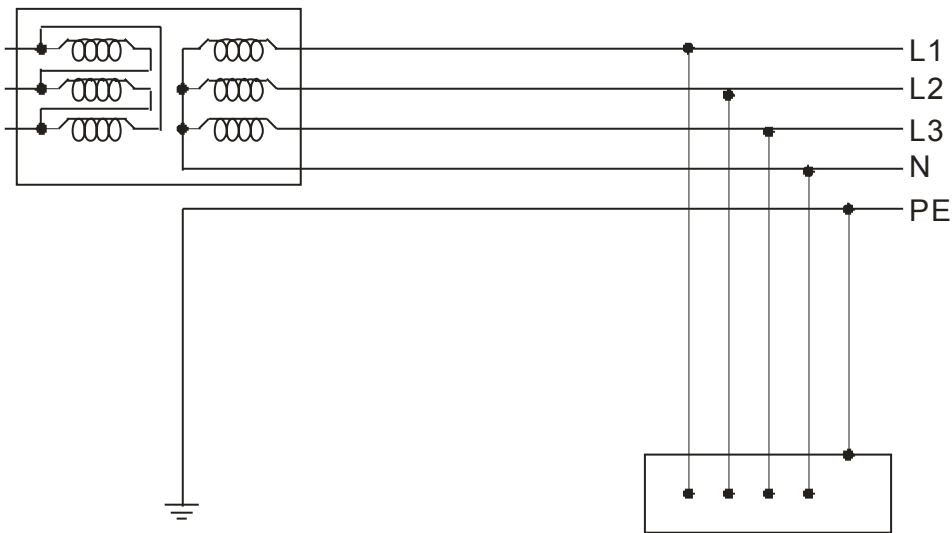
TT 接地系统

- **TT 系统:** 电源侧变压器的中性点(N)与设备系统的中性点是同一接地点, 但使用设备系统的外壳框架保护接地(PE)是使用者就近接地, 连接至另外一个接地点, 此(N)(PE)两个接地点是分别不同的接地。



IT 接地系统

- **IT 系统:** 于电源侧变压器的中性点(N)与用电设备的中性点是不接地的, 而于使用者的机器设备外壳框架保护接地(PE)作接地。
- 在 **IT** 的电源网络上, 配电系统中性点(N)完全没有连接至接地端, 或是经由高阻抗的接地, 于此种电源系统需使用隔离式的量测仪器来测试电阻。
- 于 **IT** 的电源系统使用变频器或是伺服驱动器时, 不能使用外加滤波器或内建滤波器的机种, 避免产生漏电电流。



各接系统的特点与 EMC 的作用

| | TT | TN-S | IT | TN-C |
|----------|---|--|---|---|
| 人员安全 | 良好,必须装设漏电保护器(RCD) | 良好 整体设备内必须有连续不中断的 PE 保护接地线 | | |
| 资产设备的安全性 | 良好 | 差的 | 良好 | 差的 |
| | 中等故障电流 (< 几十安培) | 高的故障电流 (约 1kA) | 低电流于初次故障 (< 几十 mA) 但高的电流于再次发生故障 | 高的故障电流 (约 1kA) |
| 电源利用效率 | 良好 | 良好 | 极佳的 | 良好 |
| EMC 作用 | 良好 <ul style="list-style-type: none"> 有过电压风险 等电位 问题点: <ul style="list-style-type: none"> 需处理设备有高泄漏电流问题 漏电保护器(RCD) (Residual-current device) | 极佳的 <ul style="list-style-type: none"> 几乎同电位 问题点: <ul style="list-style-type: none"> 需处理设备有高泄漏电流问题 高的故障电流 (瞬时干扰) | 差的(避免使用) <ul style="list-style-type: none"> 有过电压风险 共模滤波器与突波吸收器必须处理相对相的电位差. 漏电保护器可能会常常误动作 相同于 TN 系统于再次故障 | 差的(不该使用) <ul style="list-style-type: none"> 中性点与保护接地同一点. 会有循环电流于导线内 (高磁场幅射波) 高的故障电流 (瞬时干扰) |

屏蔽

何谓屏蔽?

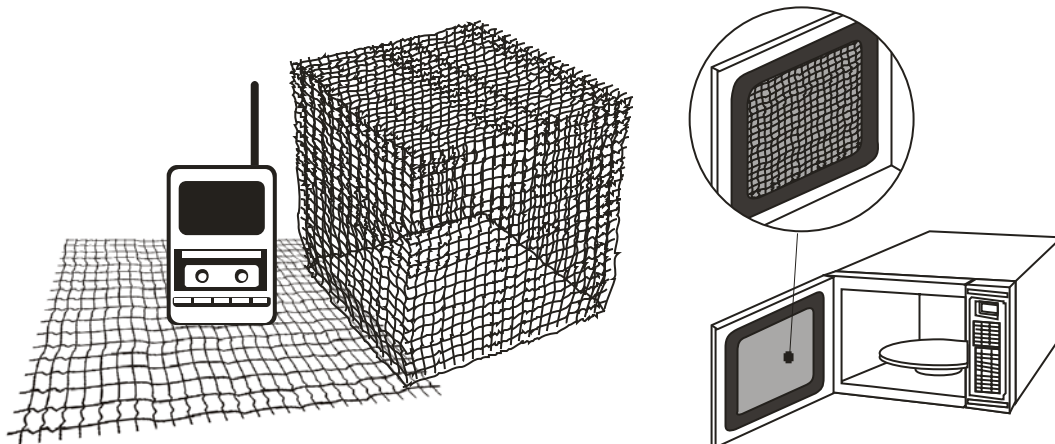
静电屏蔽: 为了避免外界电场对仪器设备的影响, 或者为了避免电器设备的电场对外界的影响, 用一个空腔导体把外电场遮住, 使其内部不受影响, 也不使电器设备对外界产生影响, 这就叫做静电屏蔽。

法拉第笼是一个由金属或者良导体形成的笼子。

由于金属的静电等势性, 可以有效的屏蔽外电场的干扰。法拉第笼无论被加上多高的电压内部也不存在电场。而且由于金属的导电性, 即使笼子通过很大的电流, 内部的物体通过的电流也微乎其微。在面对电磁波时, 可以有效的阻止电磁波的进入。

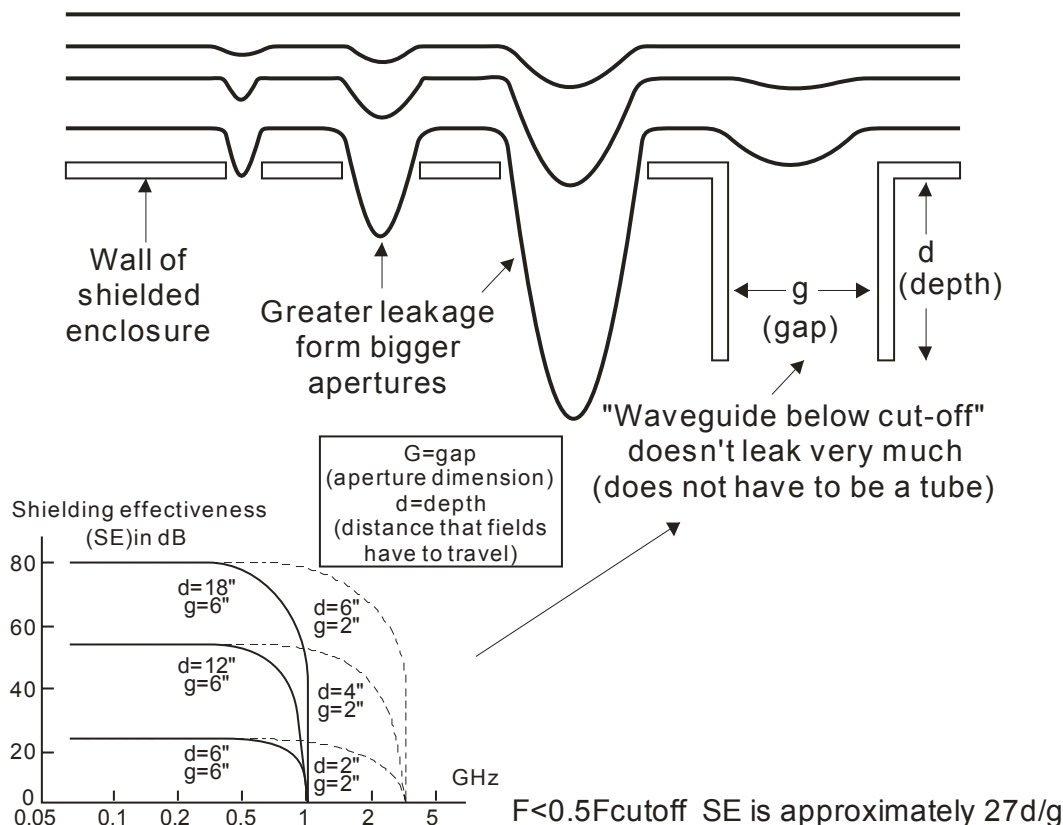
有些电子器件或测量设备为了免除干扰，都要实行静电屏蔽。如室内高压设备所使用接地的金属罩或较密的金属网罩。又如作全波整流或桥式整流的电源变压器，在初级绕组和次级绕组之间包上金属薄片或绕上一层漆包线并使之接地，达到屏蔽作用。另外在高压带电作业中，工人穿上用金属丝或导电纤维织成的均压服，可以对人体起屏蔽保护作用。

如下图展示中有很多洞洞的金属笼子，看起来似乎并没有完全遮住里面的收音机，可是只要金属的导电性够好，还是可以形成很好的屏蔽效果，所以可以把电磁波隔离而使收音机收不到讯号。



我们常用的手机也是利用无线电波来传递讯号。所以当我们进入金属制的电梯时，就好像被关进了金属笼子一样收不到讯号，这就是因为电梯的金属墙面产生屏蔽效应的关系。微波炉的门看起来是透明的可透光但同时却又能阻挡内部微波外泄这就是跟门上的金属网洞的大小有关了

Electromagnetic fields



EMI 抑制策略:

只有如金属和铁之类导磁率高的材料才能在极低频率下达到较高屏蔽效率。这些材料的导磁率会随着频率增加而降低，另外如果初始磁场较强也会使导磁率降低，还有就是采用机械方法将屏蔽罩作成规定形状同样会降低导磁率。综上所述，选择用于屏蔽的高导磁性材料非常复杂，通常要向 EMI 屏蔽材料供货商以及有关咨询机构寻求解决方案。

电磁干扰(EMI)金属屏蔽效率

可用屏蔽效率(SE)对屏蔽罩的适用性进行评估，其单位是分贝，计算公式为

$$SEdB=A+R+B$$

其中

A: 吸收损耗(dB)

R: 反射损耗(dB)

B: 校正因子(dB)(适用于薄屏蔽罩内存在多个反射的情况)

其中吸收损耗是指电磁波穿过屏蔽罩时能量损耗的数量, 吸收损耗计算式为

$$AdB=1.314(f\sigma\mu)^{1/2}t$$

F : 频率(MHz)

μ : 铜的导磁率

σ : 铜的导电率

t : 屏蔽罩厚度

反射损耗(近场)的大小取决于电磁波产生源的性质以及与波源的距离。对于杆状或直线形发射天线而言, 离波源越近波阻越高, 然后随着与波源距离的增加而下降, 但平面波阻则无变化(恒为 377)。

如果波源是一个小型线圈, 则此时将以磁场为主, 离波源越近波阻越低。波阻随着与波源距离的增加而增加, 但当距离超过波长的六分之一时, 波阻不再变化, 恒定在 377 处。

反射损耗随波阻与屏蔽阻抗的比率变化, 因此它不仅取决于波的类型, 而且取决于屏蔽罩与波源之间的距离。

配电箱设计

在高频电场下, 采用薄层金属作为外壳或内衬材料可达到良好的屏蔽效果, 但条件是屏蔽必须连续, 并将敏感部份完全遮盖住, 没有缺口或缝隙(形成一个法拉第笼)。然而在实际中要制造一个无缝隙及缺口的屏蔽罩是不可能的, 由于屏蔽罩要分成多个部份进行制作, 因此就会有缝隙需要接合, 另外通常还须在屏蔽罩上打孔以便黏着与附加卡或装配组件的联机。

1. 配电箱采用金属制, 如焊接技术没有问题(不会变形), 采用接缝全焊方式, 假使无法全焊接合面的空隙尽可能缩小。假使配电箱是用螺丝组立方式, 须把接触的面漆刮掉, 以便取得较佳的导电性。
2. 配电箱难免会开孔来做电缆线的出入口, 电波会通过这些孔就无法通过测试, 因此开孔应尽可能的缩小, 没有使用到的孔须用金属做的盖子盖起来, 金属与金属的接触面漆须刮掉, 且须用工业环境用的导电垫片。
3. 配电箱的门在关闭时, 和配电箱本体的接触面, 须用工业环境用的导电垫片, 使其紧密的接触, 如基于成本的考虑可用分布紧凑的间距采用固定式的螺丝锁紧。
4. 配电箱门须留接地用的端点, 此接地面必须防漆。

电线电缆

屏蔽双绞线 (Shielded Twisted Pair, 通常缩写为 STP), 是一种铜质线材。此种线为两条一对地互相缠绕并包装在绝缘管套中。双绞线外的金属网(通常是铜质)可以屏蔽传输线使之不受外部电磁场干扰, 同时作为接地之用。

电线电缆最外层一般为橡胶或橡胶合成套, 这一层的作用一是绝缘, 同时也起保护电缆不受伤害的作用。

电缆分高压还是低压电缆, 如果是高压的, 里面还会有一层类似树脂的填充物, 这是起绝缘作用的, 在高压电缆中, 这层是绝缘的最重要部分。低压的没有这层东西, 然后里面还会缠一些类似丝带一样的东西。这是为了固定住电缆每一芯, 把中间的空隙填满。

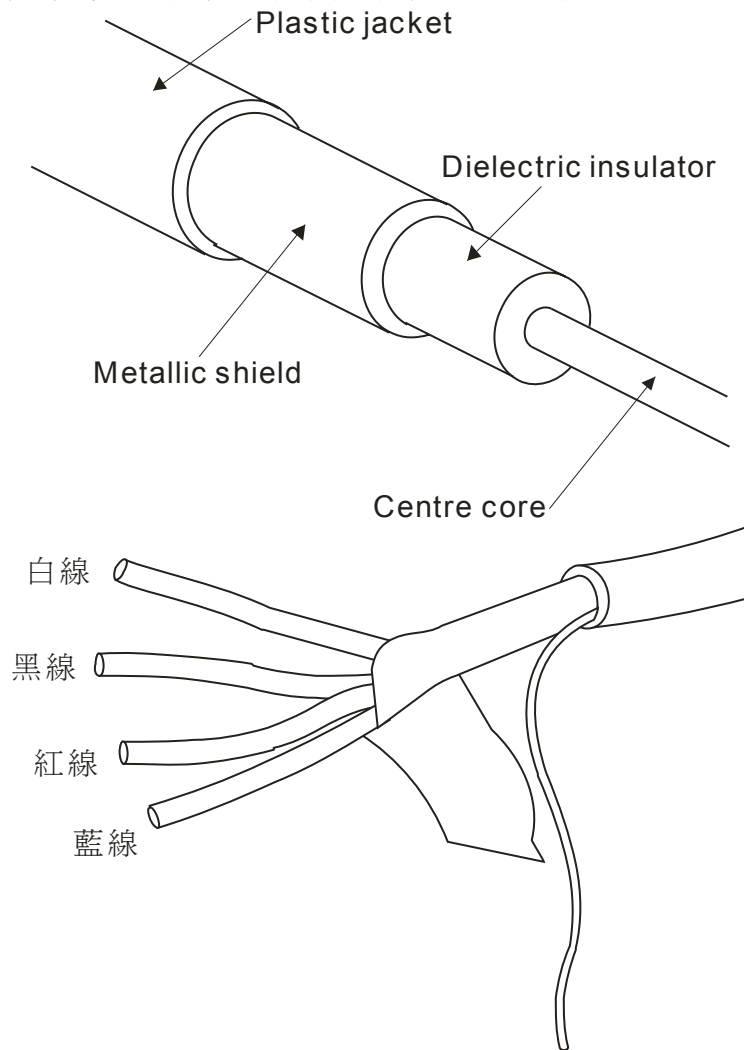
至于屏蔽层, 分两种情况:

1、 电力电缆的屏蔽层: 作用有

- A. 因为电力电缆通过的电流比较大, 电流周围会产生磁场。为了不影响别的组件, 所以加屏蔽层可以把这种电磁场屏蔽在电缆内。

B.可以起到一定的接地保护作用。如果电缆芯线内发生破损,泄露出来的电流可以顺屏蔽层流如接地网,起到安全保护的作用。

2、控制电缆:一般没什么区别,只是计算机系统的控制电缆,这里的屏蔽层是用来屏蔽外来影响的,因为其本身电流很弱,非常怕外界的电磁场影响。

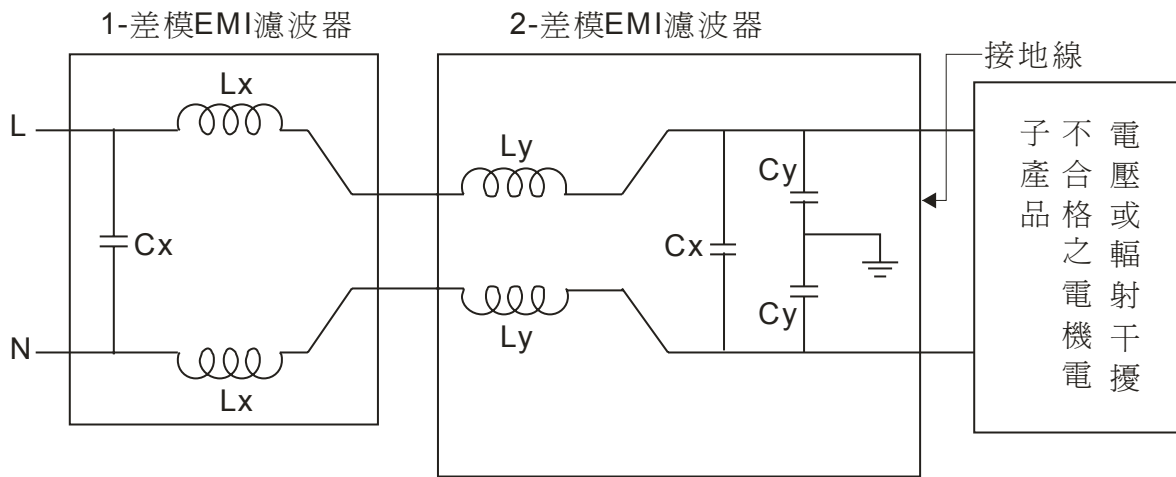


滤波

电磁干扰依照能量传递的方式分为辐射和传导两种。对于辐射干扰,一般是采用屏蔽的技术来消除就可以取得最佳的效果;对于传导干扰,采用磁性滤波组件来消除、抑制则是最有效和最经济的方法。

噪声干扰中,其中 **150K~300MHz** 频段称为高频,**120Hz~3000Hz** 频段称为低频。高频噪声电流波幅小但频率高,低频噪声电流波幅大但频率低,两者均是经由电源线向供电系统传导。

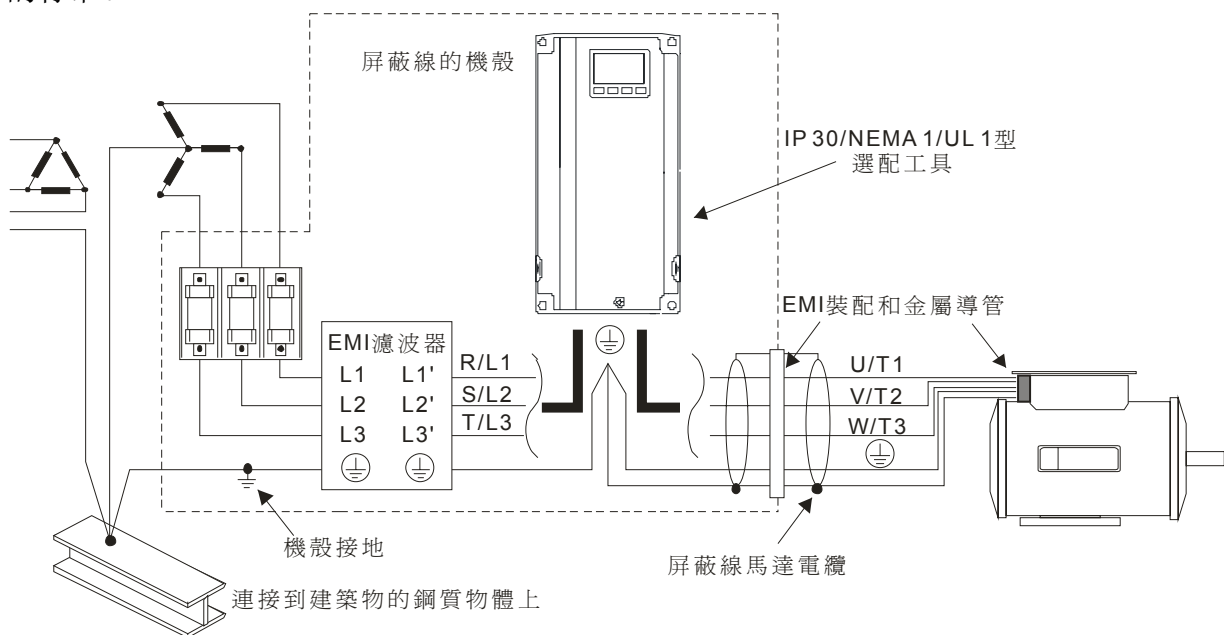
电源传导的高频干扰需使用滤波器才能有效消除、抑制,滤波器一般由电感线圈和电容器组成。并非所有的变频器都内建滤波器,在这种情况下就必须购置外接滤波器。下图为一般标准滤波器线路图



滤波器主要由一组差模滤波器(抑制 150kHz 以下噪声)与一组共模滤波器(抑制 150kHz 以上的噪声)共同组合而成，其动作原理主要利用电感遇高频噪声成高阻抗断路，电容成低阻抗短路，配上电容与电感匹配形成共振频率的设计，来吸收一些频段干扰严重的噪声电流，最后经由 Y 电容引至外面接地，将噪声电流泄放至大地。

外接滤波器时

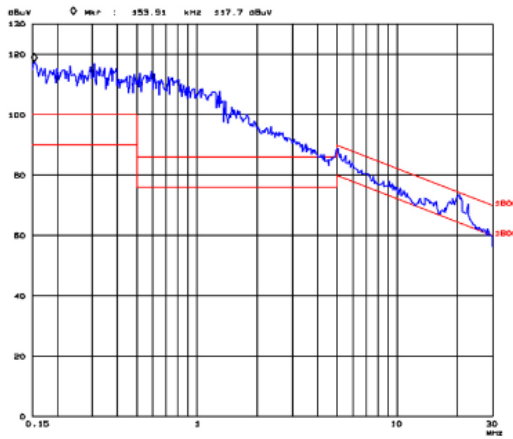
变频器和率批器请设置在接地的控制柜等金属板上。马达电缆请使用屏蔽线且尽量缩短配线距离。一般变频器都会提供相对应型号的滤波器，因为唯有经过测试认证的滤波器才能通过 EMC 的标准。



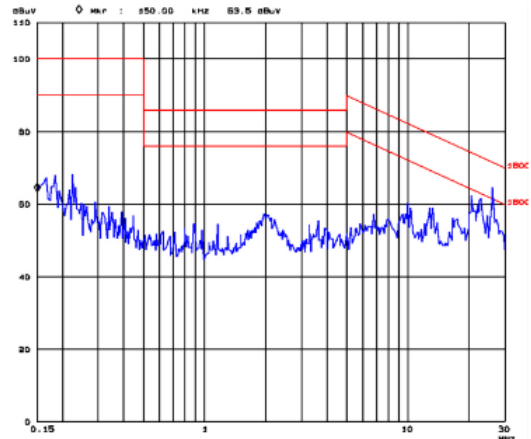
内建滤波器的变频器

1. 内建滤波器的变频器，为了抑制干扰，在滤波器装有接地电容器，会使得对地漏电流增加，所以必须请确认是否会发生电源系统或人员感电等问题
2. 有内建滤波器之变频器因漏电流相比下会较高，故请确实进行保护接地，否则可能会有感电情况发生

加装滤波器前后比较



<15m@60Hz without EMI Filter>



<15m@60Hz with EMI Filter>

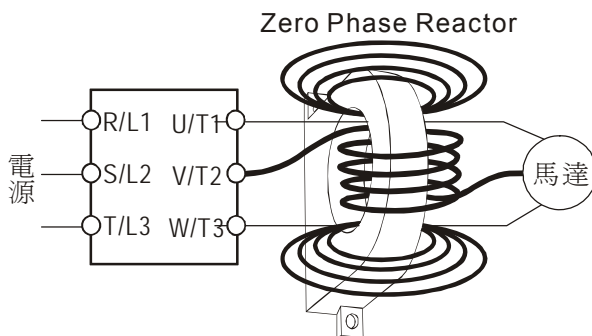
零相电抗器(扼流圈)

在输入或输出侧加装零相电抗器也是降低干扰的一种方式,由于在动力输入/输出在线通过的电流较大,所以要注意磁芯的饱和问题。对于动力输入/输出在线的零相电抗器,由于承受的负载电流大,目前最理想的材料是选择复合磁粉芯,此材料的抗饱和强度大,而且磁芯的电阻率比起单纯的金属磁性材料增大了数倍,因此可以应用在较高的频段内,也可透过增加匝数的方式来获得高阻抗能力。

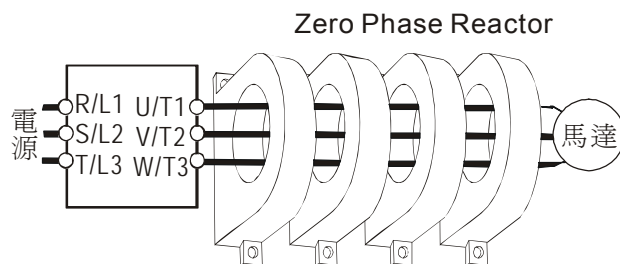
电源输入侧或变频器输出侧

接法有两种,需依马达电缆及零相电抗器大小而有所不同:

- 1.每一条线在穿过零相电抗器处需绕四次。此电抗器需尽可能的靠近驱动器端。

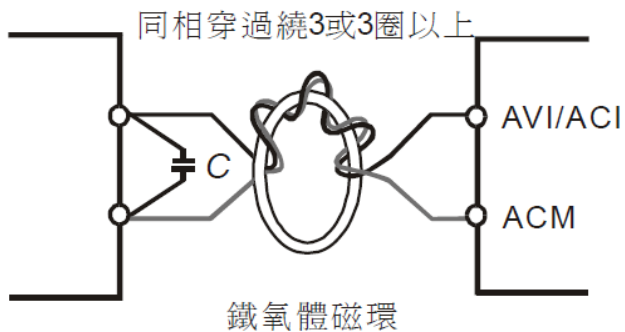


- 2.请将线直接穿过并排的四个零相电抗器。



其它控制接线滤波方式

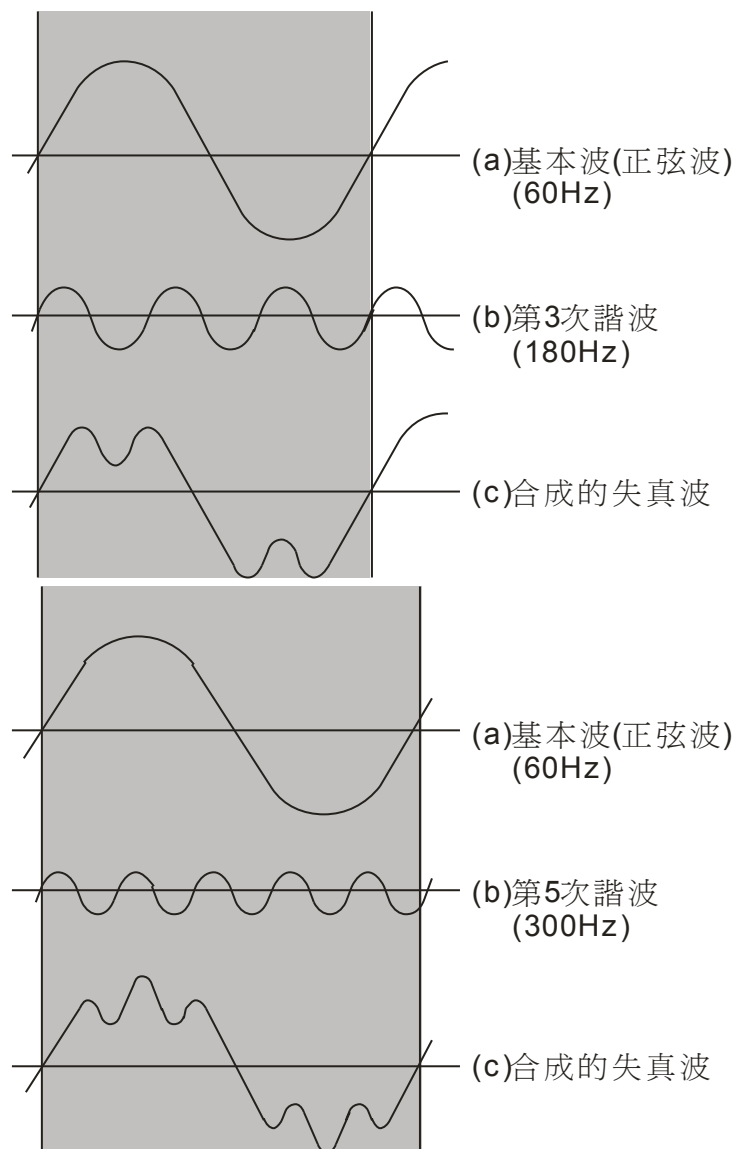
连接外部的模拟信号输出器时,有时会由于模拟信号输出器或由于交流马达驱动器产生的干扰引起误动作,发生这种情况时,可在外部模拟输出器侧连接电容器和铁氧体磁芯



谐波干扰

变频器为非线性类负载，根据输入整流装置的设计不同会产生不同成分的谐波电流。这些谐波电流一般需要限制在一定的范围之内，这样是为了保证避免电网的谐波电压，电流畸变超出规定范围，从而避免对用户的其它设备造成影响。一般来说内建直流电抗器的变频器可以有效的将谐波电流(总谐波电流失真 THID)抑制在一个范围内，如此也可以降低谐波电压(总谐波电压失真 THVD)的畸变。

电源侧谐波



改善对策

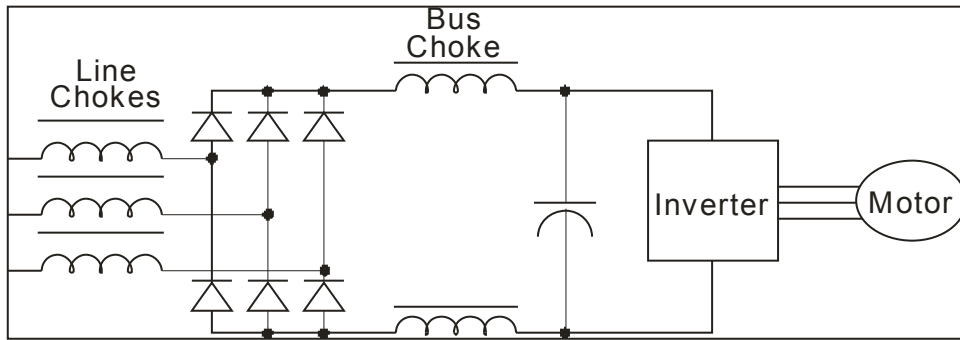
电抗器:

在变频器的输入回路中，频率较低的谐波含量（5-11次等）所含的比重较高，它们除了可能干扰

其它设备的正常运行之外，还因为消耗了大量的无效功率，使线路的功率因子大为下降。在输入电路中串入电抗器是抑制低次谐波电流的有效方法。

交流电抗器：串联在电源与变频器输入侧之间，交流电抗器的主要作用如下：

- (1) 降低变频器产生的谐波，同时增加电源侧阻抗。
- (2) 吸收削弱附近设备产生的浪涌电压、电流和主电源突波电压对变频器的冲击。
- (3) 提高功率因子



直流电抗器：串联在整流桥和滤波电容之间，它的功能主要就是降低逆变器输入电流中的谐波成份，并且可通过抑制谐波电流来提高功率因子。

改善前/后电源测电流波形

