

# 接地设计指导书

<b>1. 接地概述</b> .....	<b>4</b>
1.1. 接地发展历史简介.....	4
1.2. 接地设计一般方法.....	5
1.2.1. 接地概念.....	5
1.2.2. 接地分类.....	5
1.2.3. 接地布局及布线.....	6
1.3. 接地定义及解释.....	7
1.4. 参考资料.....	8
<b>2. 通信局站接地</b> .....	<b>9</b>
<b>3. 通信设备接地</b> .....	<b>10</b>
3.1. 通信设备接地要求.....	10
3.2. 通信设备接地方式.....	10
3.2.1. 直流供电接地.....	10
3.2.2. 交流供电接地.....	11
3.2.3. 盒式设备接地.....	11
3.3. 并柜处理.....	11
3.4. 设计案例.....	12
3.4.1. 案例 1.....	12
3.4.2. 案例 2.....	12
3.4.3. 案例 3.....	12
<b>4. 搭接设计</b> .....	<b>14</b>
4.1. 搭接概述.....	14
4.2. 搭接设计基本原则.....	14
4.3. 搭接设计要求.....	14
4.3.1. 搭接设计一般性要求.....	14
4.3.2. 关于搭接电阻.....	15
4.3.2.1. 正确认识搭接电阻.....	15
4.3.2.2. 搭接电阻值的规定.....	16
4.3.3. 搭接设计其它要求.....	16
4.3.4. 接地线.....	17
4.3.5. 搭接与屏蔽.....	17
4.4. 搭接设计的具体实施方案.....	17
4.4.1. 机架作为搭接的地平面.....	17
4.4.2. 门盒侧门的搭接.....	18
4.4.3. 内部插箱、模块的搭接.....	18
4.4.4. 并柜时机柜的搭接.....	18
4.4.5. 外部地线与机柜的搭接.....	18
4.5. 典型错误搭接方法.....	19
<b>5. 单板、背板接地设计</b> .....	<b>20</b>
5.1. 单板接地建议.....	20
5.1.1. 单板中各种地的命名和意义.....	20

---

5.1.2.	引如单板的 BGND 处理.....	21
5.1.3.	单板数字地（GND、DGND）的连接和处理.....	21
5.1.4.	单板中模拟地（AGND）的处理.....	22
5.1.5.	单板中机壳地（PGND）的处理.....	23
5.1.6.	单板整体屏蔽时的接地处理.....	23
5.1.7.	单板局部屏蔽时的接地处理.....	24
5.1.8.	单板上金属体的接地处理.....	24
5.2.	背板接地建议.....	25
5.2.1.	背板上地线的种类.....	25
5.2.2.	接地方式.....	25
5.2.2.1.	PGND 连接.....	25
5.2.2.2.	GND 连接.....	26
5.2.2.3.	BGND 的处理.....	26
5.2.2.4.	单板和背板的地连接.....	26
<b>6.</b>	<b>终端及附属设备接地.....</b>	<b>27</b>
6.1.	一般原则.....	27
6.2.	终端及附属设备接地.....	27
6.2.1.	局用通信设备的维护控制类终端.....	27
6.2.2.	数据通信及宽带业务类终端设备.....	28
6.2.3.	无线接入类用户终端设备.....	28
6.2.3.1.	单用户终端（包括一个主机可带两个电话的情况）.....	28
6.2.3.2.	多用户终端.....	29

# 接地设计指导书

## 前言

公司目前的产品接地设计还没有规范化，给系统设计人员和工程设计人员带来很大难度，甚至有许多设计不恰当的地方，影响了产品的安全、EMC 及防护性能。因此我们组织公司相关部门的人员，制定了本接地设计指导书，来指导公司各产品的接地设计。

本指导书共分七个部分，第一部分是接地设计的概述，第二部门到第六部分从工程接地设计、系统接地及模块间搭接到单板背板接地，系统阐述了接地设计方法，并根据以往接地规范制定的经验，加强了可操作性和原理性说明，给设计人员一个较清晰的接地设计思路，建立从工程到系统到单板背板接地设计的完整设计思路；并使读者尽可能理解接地设计中的 EMC 性能、防护性能及安全性能等多方面考虑。第六部分结合工程实际，单独给出终端接地指导。第七部分给出由于多种原因而特殊处理的用户框接地和射频地指导。由于交流配电和通信产品接地息息相关，在附录中给出交流配电的一些介绍，使读者对交流配电设计有所了解。

## 1. 接地概述

### 1.1. 接地发展历史简介

接地技术的引入最初是为了防止电力或电子等设置遭雷击而采取的保护性措施。在日常生活中我们常见到在各种建筑物上都装有避雷针，其作用就是把雷电产生雷击电流通过避雷针引入大地，从而起到保护建筑物的作用。通过实践，人们认识到，接地也是保护人身安全的一种有效手段。下面图一、图二中分别给出了常见的保护人身免受电击的接地示意图：

从上图可见：当某种原因引起相线（如电线绝缘不良、线路老化等）和设备外壳碰触时，设备的外壳就会有危险电压产生，由此生成的故障电流就会流经 PE 线或大地；由于我们在电流回路中采取了合理的保护措施，所产生的故障电流使得电源熔丝或空气开关断开，以防止设备外壳继续有危险电压产生，从而起到了保护人身安全的作用。图 1-1 和图 1-2 只示意出配电系统 TN-S 和 TT 的防电击保护原理，其他配电系统请参阅相关参考文献。

随着电子通信的发展，在接地系统中只考虑防雷和安全已远远不能满足要求了。在通信局中，大量设备之间信号的互连要求各设备都要有一个基准‘地’作为信号的参考地。随着电子通信设备的复杂化，信号频率越来越高，因此，在电信系统及通信局站的接地设计中，信号之间的互扰等电磁兼容问题必须给予特别关注，否则，由接地不当引发的链锁问题就会严重影响系统运行的可靠性。所以说，接地是通信设备及通信局站工程设计中一个至关重要的方面。

在早期的工程接地设计中，工程技术人员为了不使不同的‘地’互不发生影响，在通信局站的接地方案中大多采用独立接地的方式。从图 1-3 可见，不同功能的地各有一套独立的接地系统，通过把接地良导体埋入大地以获得良好的接地效果。但是，随着通信局站设备规模的迅猛扩充和复杂程度的提高，采取这种独立接地的方案已愈来愈困难了。特别需要指出的是：在这种系统中，雷击发生时，由于拉地导体电阻的存在，巨大的雷电流使加在防雷通道上的电压  $V$ ——保护地和工作地之间的电压产生一个很大的电压差  $V$ ，这个电压的量值，通常可达到 KV 数量级，足以造成对人体的伤害和设备的损毁。

现在的通信局站或通信系统中，大多采用共用接地系统的接地方案。其设计思想是：系统中所

有接地端共用一组接地体，通过把系统的防雷地、保护地和工作地共同用金属导体相连接的方式，最大限度的降低不同接地端之间的电阻和电感，最大可能的保证“等电位连接”。

在工程设计中要求等电位连接的各种接地导体或其他结构要搭接良好，具体的技术要求在各种接地标准或建议中都对此作了详细阐述，这里就不在赘述。另外，在对 EMC 性能有严格要求的技术方案中，一些标准还给出了星型接地、网状接地以及混合接地系统中的工程及系统接地的具体设计方法，这对减少接地系统中的互阻抗，确保系统实现 EMC 也是很有裨益的。

## 1.2. 接地设计一般方法

### 1.2.1. 接地概念

设计中接地基于各种理由：电力配电、安全、信号综合、防雷、EMC 和静电放电。接地是一个系统概念。电流幅度和频率是两项关键因素，他们决定着接地应采用何种方式以及系统对接地质量要求的高低。但随着接地技术的复杂化，原有的‘接地’术语已无法清晰的描述系统的接地概念了。在现代接地概念中、对于线路工程师来说，该术语的含义通常是‘线路电压的参考点’；对于系统设计师来说，它常常是机柜或机架；而对电气工程师来说，它却是绿色安全地线或接到大地的意思。

目前，人们都在试图给‘接地’一个明晰的定义，在众多的定义中我们较倾向于亨利·奥特的定义：“接地是电流返回其源的低阻搞通道”。

### 1.2.2. 接地分类

实际上，在一个通信局站以及通信系统中，各种地线都存在电气上或是物理上的联系，不一定有明确的划分。在地系统中，有时一个地既承担保护地，又承担防雷地的作用；或既承担工作地，又承担保护地的作用。而不同功能的地连接，针对的电气对象不同，其处理方式的侧重点还会有所差异。

#### ● 防雷接地

把可能受到雷击的物体和大地相接，以提供泄放大电流的通路称之为防雷地。这种接地的目的很明确，就是防止人及物体遭到雷击，这些物体可以是天线、大楼、电子或电气设备等。特别是当这些物体所处的位置较高，距雷云较近时，一定要注意采取防雷接地的技术。

由于雷电放电电流一般是脉冲性的大电流（可高达上百千安），其上升沿可达到微秒量级（1-10 微秒，持续时间 100 微秒以下），因此要求防雷接地电阻要小。为了避免雷击电流引发机房设备之间的高电位差，要求设备之间特别是有电气联系或距离较近的设备进行低电感和电阻搭接。

#### ● 保护接地

保护接地就是为了保护设备、装置、电路及人身的安全。因此，在设备、装置、电路的底盘及机壳端一定要采取保护接地。因保护接地和人身安全相关，保护接地的方式在配电的标准规范中以及安全规范都有严格规定，请参阅上节和附录中配电系统的有关介绍。

保护地主要用以保护工频故障电压对人身造成的危害，其保护原理是：通过把带故障电压的设备外壳短路到大地或地线端，保护过程中产生的短路电流使熔丝或空气开关断开。保护地的工频电阻要求较小，同时要求保护地的可靠性很高。从电源频率的角度来看，如仅对人身安全的保护接地而言，可以不对保护地提示低电感的要求。

### ● 工作接地

工作地线是单板、背板或系统之间信号的等电位参考或参考平面，它给信号回流提供了低的阻抗通道。信号质量很大程度上依赖于工作接地质量的好坏。由于受接地材料特性和其他技术因素的影响，接地导体的连接或搭接无论做的如何好，总有一定的阻抗，信号的回流会在工作地线上产生电压降，形成地纹波，对信号质量产生影响；信号越弱，信号频率越高，这种影响就越严重。尽管如此，在设计和施工中最大限度地降低工作接地导体的阻抗仍然是非常重要的。

### ● 屏蔽接地

屏蔽接地是和结构息息相关的措施。屏蔽结构并不需要与大地连接，连接大地对提高屏蔽效能没有作用，屏蔽结构接到大地上往往是安全等方面的需要。

为了防止电磁辐射和干扰，系统设计中常采用结构屏蔽的方法。为了使结构有较好的屏蔽效能，要求对结构箱体的开孔尺寸有一定限制，特别是通风孔。但是电缆出线的配电方式往往破坏了这种屏蔽效能。如图 1-5 所示。图 1-6 和图 1-7 是通过屏蔽电缆或加装滤波器的方式来解决可能出现的问题。

### ● 防静电接地

静电的危害是众所周知的，当人手触摸电子装备时，由人体附带的数千伏的静电电压，会对设备中的电子器件发生放电，虽然静电的能量不高，但产生的瞬时电流足够大，有可能造成电子器件的损坏。

图 1-8 所示，人体产生的高电压静电通过没有接好大地的单板上安装的金属拉手条，会产生放电现象，如果单板上的电子器件绝缘处理的不好，瞬态“大电流”足以破坏绝缘造成单板上器件的永久性损坏。图 1-9 在机箱上装了防静电手腕，在人体触摸设备之前，通过防静电手腕把静电泄到大地，以使人体和设备之间的电位相等从而达到保护的目的。

由于防静电接地大多针对人和设备，因此在人体和设备之间增加保护电阻（如防静电手腕中的电阻）防止机柜带电对人身造成的可能伤害，当然也可限制人体对地产生的静电泄放电流，从而起到保护设备的作用。

## 1.2.3. 接地布局及布线

接地首先必须采用低阻抗设计，相对于其他电气的连接线，施工中要求接地线力求粗、短，特别是在印制板设计上通常采用大面积连接，这点很容易理解。在接地设计中，地环路问题也是要重点考虑的问题，但大多数情况下也要采取低阻抗接地通路的设计方案来解决此类问题。

地环路在高速电路设计中不必要太多关心，因为这时很难去掉地环路，需要考虑的是如何降低地线的阻抗。但对低频模拟电路及小信号电路，地环路问题又是比较重要的。

只要两个电路之间有多于一个导电接地通道就会存在一个接地环路。很多情况下，潜在的通道也可能是设计人员还不知道的噪声源，如图 1-10 所示。

图 1-11 是断开地环路的几个实例。

单点和多点接地是设计人员关心的一个问题。单点接地适合小信号和模拟电路，多点接地适合高频电路设计。因为在小信号和模拟电路设计中，MV 级的干扰就可能影响电路的性能，单点接地可以控制电流的路径，避免地环路的形成。而在高频电路中，引线电感和寄生电容都可能是破坏单点接地因素，从而构成大的接地阻抗和隐性的地环路。在单点接地很难达到预期效果时，我们往往采用多点接地方案。

在这里，高频电路和低频电路的分界点定为 10KHZ 到 1MHZ，也有人定为 30KHZ 到 300HZ。在数字电路里，其工作特性不取决于电路中的工作频率，而是取决于该电路工作脉冲的上升沿和下降沿。

由于在通信设备内往往是模拟和数字电路同时存在，通信局站内的电路形式和设备间信号的互

通形式有时表现的更为复杂，因此，在设计中往往采用单点和多点混合接地的形式。在数字电路中，采用多点接地或大面积接地方式；在模拟电路，采用单接地。

实际上，在电路板设计中，上述接地方法可以很好的实现；但是在系统设计尤其是通信局站的接地设计中，由于要考虑信号传输质量的好坏，另外系统对防雷、安全设计以及相应的 EMC 性能要求使接地变得更为复杂，与此同时接地还和设备周边的环境息息相关。因此，在通信设备的接地设计中，要求我们对设备应用的电气环境非常了解。为了系统的了解接地，下面给出如图 1-13 的系统接地简图。

简图中给出了单板、背板、设备和通信局站接地以搭及搭接方式的示意图。从图中可见交流配电方式是 TN-S 型，所有机房的金属外露体都通过搭线或和 PE 线互连起来后并接到大地上；这样无论在正常还是故障状态下，都最大可能的保证了机房内各金属导体的等电位连接。配线架的保安单元在用户线带故障电压或遭雷击时，通过放电管等过电压保护器件把故障电压或雷击对设备及人身造成的伤害。雷击在用户线上的瞬态大电流通过接地导线引入大地，并通过配线架的金属导体或导线和局站内的接地网相连。为了使雷电流不经过其他途径泄入大地，我们采用了单点连接方式。图中，传输和交换设备之间的通讯采用了同轴线，计算机和设备之间也有电信号相连。实际上，通信设备对信号传输稳定性要求很高，如果仅靠信号线把设备互连，要维持设备之间小的电位差就很难保证，这样，外部和设备之间的干扰信号引起他们相互之间的电位波动足以影响传输的信号质量。采用了搭接方式后，设备之间的阻抗降低了，当出现任意扰动时设备之间的电压差也不会发生突变，所以说设备之间接地质量就是信号质量的保证，不难理解，随着地电位突变的减少，系统的 EMC 性能也会得到良好的改善。

在传输设备的单板中，其工作地和机壳单点连接，在实际设计中要尽量减少两者间连接距离，才能获得更好的系统级 EMC 和防雷击性能。否则，当雷击发生时，由于流过设备之间的瞬态大电流通过一定阻抗导体时会引起较大的电位差，对于以单板工作地为基准接地平面的元器件而言，会产生较大的单板工作地对机壳放电甚至器件管脚对机壳的直接放电现象，在这一放电过程中会产生瞬态大电流，由此可造成下列危害：一种是地电位的不均匀引发的对设备的危害；另一种是器件直接对金属放电，其后果对某些器件来说可能是灾难性的。另外，放电产生的电磁辐射有可能影响系统的正常运行。由于在工程设计中，机柜或插箱一般都是金属导体，而系统的复杂性又使得金属和单板布线及器件之间的间距很难达到足够的距离要求，更增大了在放电情况下因为系统接地不良引发上述故障的可能性。所以说在工程设计中，单板工作地和机柜或插箱金属导体低阻抗的连接是很关键的。

需要补充说明的是：此图为原理示意图，关于单板背板接地、设备接地、通信局站接地以及搭接详细说明请参考以后单节。

### 1.3. 接地定义及解释

PE、PGND、FG-----	保护地或机壳地；交流配电时，必须用 PE 标识
BGND 或 DC-RETURN-----	直流-48V (+24V) 电源回流
GND-----	单板及背板工作地
DGND-----	单板数字地
AGND-----	单板模拟地
LGND-----	防雷保护地

## 1.4. 参考资料

- [1] 《电子工程师电磁兼容设计指南，电讯技术增刊》1994
- [2] Bonding configurations and earthing inside a telecommunication building , ITUTK.27,1996
- [3] 《机电一体化系统的电磁兼容技术》沙斐 中国电力出版社
- [4] 《通信局（站）接地设计暂行技术规定（综合楼部分）YDJ 26-89》邮电部基建司



## 2. 通信局站接地

通信网络设备通常安装在专用的通信局（站）中，作为通信设备工作的外部环境，正如设备内地线设计保证设备本身可以正常、可靠的工作一样，通信局（站）的接地提供了一个外部先决条件，没有一个完整合理的地线设计，同样可能危及设备、人身安全；影响 EMC 性能；信号质量等等。

通信局站接地最直接关联的是安全性，另外，因为各个设备之间的通信都可能通过局站接地获得统一的参考点；完好的等电位连接也为设备中各种滤波器，防护器件等提供了参考点和泄流途径。所以，通信局站接地和通信质量以及系统 EMC 性能也息息相关。

因为通信局站工程设计不同与我司的产品设计，在此作为一个附录给出，并不表示通信局站接地设计我们可以忽略，从接地的系统设计角度看，这也是必不可少的一方面。

具体内容见附录 1

## 3. 通信设备接地

通信设备的接地是指通信设备为了自身工作的需要,为了实现令人满意的 EMC、防护以及安全性能,和周围的接地环境相配合而进行的接地设计。设备接地包括通信设备机柜或机箱的接地,机柜或机箱内各模块的搭接,单板背板的接地,以及机柜并柜接地处理。单板背板接地和搭接在以后单节有更详细的说明。

### 3.1. 通信设备接地要求

对设备接地的要求是:

- a. 结合信号滤波器或电源滤波器的使用,结合屏蔽设计方案,并适当选用单点接地、多点接地或混合接地方案,配合通信机房的接地环境,满足 EMC 性能要求。
- b. 结合信号避雷器或电源避雷器的使用,符合等电位连接的接地思想,配合通信机房的接地环境,满足防雷指标的要求。
- c. 配合相关配电标准的接地方案,配合通信机房的接地环境,符合人身安全的要求。

### 3.2. 通信设备接地方式

#### 3.2.1. 直流供电接地

直流配电是指通信设备的供电由一次电源直接供给,一般是-48V 或+24V 电压。

按照单点接地、多点接地或混合接地原理以及等电位连接的思想,结合相关国际标准的网状接地或星型接地建议,我们给出图 3-1 所示的直流配电设备接地系统设计图示。

图中,单板的模拟地和数字地单点连接,汇成单板工作地,单板工作地和背板工作地通过接插件互连,为一个地平面。背板的保护地通过安装螺钉和插箱金属导体多点连接。-48V 回流我们一般不认为是‘地’,可以和-48V 端一起通过插箱或机柜直流电源入口处的 EMI 滤波器引到机柜外。

下面对此种接地方式的关键点做一些说明。

##### ● 保护地和工作地如何连接

图示中给出的保护地和工作地在背板上单点连接,主要考虑到保护地和工作地多点连接的情况下,保护地上的杂散电流会流过工作地,所以我们在图中采取了两个地先互连后再一点连地的方案。其实,对于数字信号,保护地和工作地多点连接或大面积连接,按照目前的实验结果,保护地和工作地多点连接或大面积连接,按照目前的实验结果:两种情况尚无发现有明显的差异。

在使用同轴线方式的信号比较多的产品中,我们建议工作地和保护地单点在背板上连接,因为这样可以避免在同轴传输变压器次级有电流流过工作地,从而对工作地的地电位均衡产生影响。

##### ● 保护地和直流电源回流导体如何连接

考虑到直流回流的电流一般较大,并且是从机柜外部引入的,有可能带有干扰信号;因此建议把直流回流单独引到机房的直流回流地排。

为了防止雷击电流造成的直流供电系统和设备之间的较大电位差,要求在机柜电源入口用短接线把直流回流和保护地之间进行等电位连接,有些设备也可以在汇流条上直接短接。

在机柜顶或汇流排上把-48V 回流导体和保护地短接的目的是为了兼容局方采用的星型接地方

案（此时可以把原短线拆下，-48V 回流导体和保护地就可做到单点连接），注意这里不要采用在背板上短接的方案（把保护地和-48V 回流在设备内直接短接的方案是默认机房采用的网状接地方案）。

- **直流回流在设备内和保护地短接，造成保护地上会流过直流电流，是否对通信设备之间的通信造成影响。**

目前，从做的实验和网上运行情况来看，不会对设备间信号质量造成影响。在 ITUT 的 K27 建议和我国通信局站接地规范中，都有这种接法的建议。K27 的星型接地建议中，-48V 回流和保护地要单点接地，既不能在设备内短接。但考虑但我国机房接地的实际情况，星型接地的方式维护工作量较大，各种接地保证严格的单点接地和空间距离非常困难，因此我们默认机房的网状接地方式；如果局方认为要采用星型接地方式，我们可以把内部短接线拆掉。

实际上，保护地是设备的共同地电位参考点，其上不可避免的流过低落频或高频杂散电流；因此，对于采用网状或星型接地的选择矛盾并不突出，最重要的是如何提高接地质量。

### 3.2.2. 交流供电接地

交流供电是通信设备供电由交流电源重新分配后供给负载（如：通讯设备的电源）的一种配电方式，由通信设备的一次电源再转化成直流供给系统工作。

图 3-2 给出交流供电的接地系统设计图示。

交流供电接地要考虑交流电源的接地，由于交流电源在机柜或机箱内，一直在直流输入端不用加防雷装置，但在交流输入侧要有防雷措施。

交流配电要根据国家或国际配电规范，根据机房所选用的接地系统，进行接地设计。通信系统的设计中一般默认为机房配电系统为 TN-S 方式，因此交流 PE 要和机柜牢固搭接。

一次电源的直流输出的正级要和机柜的保护地相连。

其他单板背板接地和直流配电接地设计相同。

### 3.2.3. 盒式设备接地

盒式设备接地也分交流配电和直流配电，其接地设计基本上和上述机柜或机箱接地相同。其不同之处在于：大多数设备是终端设备，体积小，维护方式和机柜机箱不同，有的不是金属壳体。因此和机柜机箱设备有些差别。

- 交流供电，其接地系统设计同机柜和机箱设计。
- 直流供电，由于空间较小，建议直接回流和保护地在电源入口处直接单点短接。关于终端设备的接地设计请参考相关章节。

## 3.3. 并柜处理

对于直流配电机柜的并柜处理，如图 3-3 所示。

- 对于直流电源线或直流回流线，由于我们没有把他们当作‘地’进行处理，因此可以采用级连的方式。
- 对于保护地，建议机柜保护端子要分别接入到局方接地排，同时要充分重视机柜之间的搭接处理。有关针对结构设计人员的搭接设计请参考后面的搭接章节。
- 如果局方只提供一个地排，那么机柜的保护地和直流回线应分别接到这个地排上。

## 3.4. 设计案例

### 3.4.1. 案例 1

某设备的接地设计简图如下

此图所示的 EMI 滤波器把系统的‘地’通过电感和大地隔离起来，这样在做雷击实验或传导发射实验时，电感使干扰电流向大地的泄放途径受到阻隔，很难达到满意的雷击防护或传导发射的指标。

必须保证给系统一个低阻抗的参考保护地路径，机柜金属体是这个路径的一部分。而系统工作地，-48V 回流尽可能把低电感的等电位连接到此保护地，以得到满意的防雷和 EMC 效果。

### 3.4.2. 案例 2

设备的接地设计简图如下

案例 2 的接地设计方法通过-48V 回流线缆把工作地和大地等电位连接，由于-48V 回流是载流线缆，会有-48V 直流电流或杂散电流流过；而通过如此长的线缆工作地和保护地进行等电位连接，在工作地和保护地之间会存在较大的阻抗。当雷击发生时，工作地和保护地之间会出现大的电位差。由于通信系统的复杂性，例如电路板器件线路的密集或高密度接插件的选用，很难保护地和工作地的放电距离。这时，雷电流在保护地和工作地之间形成的大电位差就会把工作地和保护地之间绝缘低的部位击穿，由此造成的工作地电位不均衡的恶果会进一步导致以地电位为参考平面的器件损坏；或者高电压造成保护地对芯片管脚的放电，直接损坏器件。

### 3.4.3. 案例 3

图 3-6 是正确的接地设计。

- 由于金属机柜是组成机房等电位连接金属导体的一部分，机柜和插箱一般可看成低阻抗通路，因此把机柜和插箱作为设备局部等电位连接的参考平面。
- -48V 直流输入端加了防雷保护和 EMI 滤波器；放电管或短接线把保护地和-48V 电源系统发生雷击时产生的高电压差的能量从短接线环回消耗掉；或者是放电管被击穿能量环回消耗掉。为了使 EMI 滤波前后的线缆不带出或带入机柜内外的电磁能量，造成辐射超标，EMC 滤波器加了封闭金属壳体。使有可能带入或带出电磁能量的线缆长度最小。
- 单板背板工作地在背板上和保护地汇接，以减少雷击时保护地系统和工作地系统的电压差。之所以用了‘工作地系统’，是把以工作地为基准的电子器件也包括在内。
- 对于图示的同轴线传输方式，变压器次级外皮接保护地，因此其共模防护以机柜或插箱金属外壳为防护泄流途径；对于变压器初级，由于其是以工作地作为基准地平面，共模防护泄流途径选为工作地。而图示的 232 接口电路形式的防护处理，差模防护以工作地为泄流途径，为了减少从 232 口来的保护地和工作地系统的电压差，加了以机柜或插箱金属外壳为泄流途径的共模防护。
- 此图示说明了接地是一个系统设计，要结合机房接地环境、设备结构、供电方式、单板背板等

一起协同考虑。

## 4. 搭接设计

### 4.1. 搭接概述

搭接指在两个金属物体之间建立一个阻抗足够低的电连接通路。通信产品进行搭接设计的主要目的有：

- 保护人身安全和设备安全。防止雷电放电的危害，也防止电源偶然接地时发生电击危险。
- 提供故障电流的回流通路，提供信号电流单一、稳定的通路。
- 降低结构件上面的高频电位，防止地电流产生噪声，耦合干扰。
- 防静电，防止结构件上积累静电电荷而造成危害。

本指导书中主要是规定保护地的搭接设计，保证结构件形成一个完整的等势体。

### 4.2. 搭接设计基本原则

搭接设计的基本原则是保证结构件自身以及结构与地系统之间良好的电连续性，并提供足够低的阻抗（从直流电阻到高频阻抗），实现结构件的等电位连接。结构件的这种等电位连接对系统的安全性和电磁兼容性，甚至产品的正常工作均有十分重要的影响。在产品初期，结构设计人员就应该重视搭接设计，保证这种等电位连接。

### 4.3. 搭接设计要求

#### 4.3.1. 搭接设计一般性要求

- **保证搭接面具有良好的导电性**

这是搭接设计中最基本的要求，也是实际产品设计中最容易出问题的地方。要求结构件表面和电缆连接端子必须是导电的或者经过导电处理的。目前常用的不锈钢材料，铜合金，钢板镀锌钝化、镀镍处理，铝板导电氧化处理，接线端子表面镀锡处理等均能够满足要求。如果结构件考虑到防锈的需求而进行喷漆处理，这时尤其要注意搭接面必须保护，禁止喷漆。

由于工艺条件的限制，搭接面的表面处理措施往往在产品设计中已经是确定的了，因此不单独对搭接面的导电性能提出具体的指标要求。

- **保证搭接面的清洗干净**

搭接面必须清洗干净，保证无灰尘、油膜、油漆、氧化层、阳极氧化膜，以及其他非导电材料。如果结构件是喷漆处理时尤其需要注意可靠的喷漆保护，搭接面不能有油漆，那怕是一点点油漆也将导致搭接性能的急剧劣化。

- **保证搭接面可靠接触**

只允许采用面接触的形式实现搭接，不能通过螺纹搭接，也不能依靠铆钉实现搭接，更不允许点接触、线接触形式搭接。要保证搭接面是接触在一起，尤其是铆接时需要注意这一点，因为铆接往往很难保证接触面的可靠接触。有相对运动的零部件之间采用搭接线搭接，不得依靠导轨、销轴等活动连接方式进行搭接。

- **保证搭接面有足够的紧固力**

对于单点搭接，可以采用螺钉连接、焊接形式，限制采用铆接的形式。采用螺外连接时，必须采用 MS 或者更大的螺钉连接，螺钉的紧固力应符合现有工艺文件规定的扭矩要求，另外螺钉应有防松装置，保证不会脱落。

对于多点连接，一般的结构方案均能够满足要求，对连接形式不再做限制。

- **足够的接触面积**

对于单点搭接，要求搭接面直径大于 15mm。对于多点搭接，一般的方案均已经满足要求，不对搭接面积提出限制。

- **所有金属结构件应可靠连接**

对于机柜，一般以机架（围框、立柱、方孔条等组成）作为接地的参考平面，所有其他的金属结构件均应与机架连接，包括门、侧门、内部插箱、电源盒、走线槽等等。

机架内部的结构件是否需要连接在一起的原则为：所有可能引起危险电压金属零部件的必须接地连接或者有足够的绝缘耐压能力，除非本规范中另有规定。采用连接时必须符合本规范的规定，不接地连接时的绝缘耐压值应符合公司相应的规范或者国家标准。根据这个原则，建议一般的结构件均应与机架可靠连接。

对于快解锁、门锁（不含锁杆，锁杆应该保证可靠接地）、外部装饰条小零部件，只要没有证据表明会对系统性能有影响，一般可以不接地，也不用测试耐压能力。

走线槽如果是金属件，由于可能会对线缆中的信号产生影响，必须与机架可靠连接。

- **防止搭接点产生电化学腐蚀**

搭接面采用不同材料配对时，将可能会产生化学腐蚀，这种电化腐蚀显然将对搭接性能有巨大的影响。由于这种影响是产品检验中难以发现的，存在一定的隐蔽性，所以设计方案中需要注意材料配对的选择，再方案阶段就保证不会发生电化学腐蚀。

目前常用的材料配对中，钢板镀彩锌以及电解板与接线端子镀锡、铜排镀镍、铝合金导电氧化等材料之间的接触是符合要求，不会发生化学腐蚀。但是铝合金导电氧化等材料之间的接触是符合要求，不会发生电化学腐蚀。但是铝合金导电氧化与接线端子镀锡、铜排镀镍之间在较恶劣环境下将有可能产生轻微的电化学腐蚀，考虑到目前的实际应用需求，允许继续使用，但是需要保证其应用的工艺，并尽可能避免使用这些配对形式。

其他类别的材料配对是否能够使用请参考相关的工艺文件，确认不会产生电化学腐蚀。

## 4.3.2. 关于搭接电阻

### 4.3.2.1. 正确认识搭接电阻

在产品设计中需要注意搭接电阻（即直流搭接电阻）的应用价值，因为搭接电阻并不能直接反映搭接点的性能，而是搭接点的直流电阻至高频阻抗的综合性能决定搭接的性能。由于高频阻抗测试上面存在困难，目前暂时只能提出直流搭接电阻的要求。

另外，实际上不能仅仅用搭接阻抗来衡量系统接地的性能，因为在实际的地系统中地线的感抗在高频电路中诱发的干扰将远远大于搭接电阻造成的危害，没有必要让搭接阻抗比连接体本身的固有阻抗还小得多。

但是对于同一种搭接形式，其直流电阻与其高频阻抗有一定的对应关系，因此可以通过比较直流电阻来反映搭接的性能。另外，规定直流搭接电阻有利于促使设计人员中提高工艺措施，保证工艺规范的性能。另外，规定直流搭流电阻有利于促使设计人员中提高工艺措施，保证工艺规范的实施，从而提高搭的可靠性。

总之搭接的性能主要由搭接的具体形式来保证，依靠设计人员对搭接设计的理解，并根据本规范中的具体要求。在方案中体现搭接设计的需求。而规定搭接电阻对保证搭接的可靠性，比较同一种搭接形式实施以后性能的优劣具有重要的意义。

### 4.3.2.2. 搭接电阻值的规定

搭接电阻值的大小关系到系统各方面的性能，下面从不同角度分析搭接电阻的取值，从而得出一个综合的结论。

首先，从防静电的角度看，搭接电阻小于  $50\text{K}\Omega$  就已经足够。而  $50\text{K}\Omega$  的电阻显然是太大了，因此我们可以先不考虑防静电方面的需求。

其次，从雷电防护的角度看，当然是越小越好。在 GJB1210 的规定，信号地线的搭接电阻小于  $0.1\text{m}\Omega$ ，这个电阻值就是考虑到恶劣环境中防护方面的需求而确定的。但是，实际上在《舰艇电子装配抗恶劣环境设计要求实施指南》中，这个电阻值已经放宽到  $2\text{m}\Omega$ ，主要是考虑到实现  $0.1\text{m}\Omega$ ，费用急剧上升。显然我们民品中不能完全按照军标的要求进行设计，因此  $2\text{m}\Omega$  有电阻应该还可以放宽。

然而，根据安全方面的考虑，IEC609050 中规定小于  $100\text{m}\Omega$ （额定电流小于  $16\text{A}$  的设备）。

还有，根据 GJB/Z25-91《电子设备和设施的接地、搭接和屏蔽设计指南》中规定，为了降低结构件上面的电流噪声，要求屏蔽体提供小于  $50\text{m}\Omega$  的通路电阻。

最后，从可靠性角度看，如果提出较低的搭接阻抗，就必须保证清洁表面、保证足够的搭接面积和接触力，从而将腐蚀等其他因素导致搭接阻抗降低的程度减至最低，提高搭接设计的可靠性。因此在经济性条件下应提出尽可能低的搭接阻抗。再实际产品应用中，按照 4.3.1 节要求，一般结构件通过 M5 螺纹连接，保证直径大于  $15\text{mm}$  的搭接面积，比较容易实现小于  $10\text{m}\Omega$  的搭接电阻。

总之，根据上面的分析，综合考虑公司现有生产能力以及经济性要求，可以得出搭接电阻的指标要求为：

电缆屏蔽层、连接器与结构件之间的搭接电阻：小于  $50\text{m}\Omega$

滤波器外壳与结构之间的搭接电阻：小于  $50\text{m}\Omega$

接地线与结构件之间的搭接电阻：小于  $10\text{m}\Omega$

结构件的整件电连续性：任意两个零部件之间电阻小于  $100\text{m}\Omega$

对于装配完已经 3 个月以上的产品，考虑到时效性的影响，上述指标应再放宽 20%；装配完已经 6 个月以上的产品，上述指标应放宽 50%。

对于结构件的整体电连续性，只要符合上面的规定即可，即任意两个零部件之间电阻小于  $100\text{m}\Omega$ ，没有必要去检验每一个搭接部位的电阻值。一般检验时应选择最不利的情况进行检测，并充分注意检测仪器极本身电阻值的影响。另外，但是测试点不应该包括屏蔽材料，关于屏蔽材料的搭接性能见 4.5.3 节分析。

### 4.3.3. 搭接设计其它要求

结构件不能作为防雷时电流泄放的唯一通路。 $100\text{m}\Omega$  的搭接电阻对于雷电泻放是不可靠的，因此电源盒、防雷盒不能仅仅依靠结构件实现接地，还应该有专门的接地线接系统的地。

系统电流不能通过结构件回流。结构件是一个理想的地平面，必须保证其十分干净。另外，不从结构件回流也可以防止外界噪声通过屏蔽体耦合干扰进去。

原则上搭接点的紧固不得使用自攻螺丝。特殊场合下必须使用自攻螺钉时，要保证维护时不需要拆卸该螺钉。



### 4.3.4. 接地线

机柜与机房地之间的接地线应该使用大于  $16 \text{ mm}^2$  的电缆，电缆颜色为黄绿线。该接地线与机柜之间通过 M8 以上的螺钉连接。建议在机柜顶部安装铜条，接地线连接到铜条上面。

结构件内部为实现搭接，活动连接时允许使用接地连接，例如门与机架之间。该接地线应该使用大于  $10 \text{ mm}^2$  的电缆，连接螺钉建议使用 M6，并使用公司统一的组合螺钉和接地螺柱（带台阶）。如果必须使用更小的螺纹，必须符合下表规定：

设备额定电流 (A)	最小螺纹直径 (mm)
$\leq 16$	4
$>16 \sim \leq 40$	5
$>40$	6

### 4.3.5. 搭接与屏蔽

结构件的屏蔽性能与搭接之间有十分密切的关系，结构件良好的电连续性是实现屏蔽的基础。搭接设计中除考虑屏蔽的要求之外，同时也考虑了安全、防护等方面的需求，搭接性能要求往往要比屏蔽性能的要求更加严格。因此，屏蔽材料的搭接阻抗并不一定能够满足搭接性能的指标要求，其中导电布、导电橡胶、金属丝网等类屏蔽材料的搭接电阻肯定会超过 4.3.2.2 节中规定的数值，但是屏蔽材料本身并不会对系统产生劣化作用，可以认为这是合格的。这也是规定测试结构件整体连续性时测试点不应该包括屏蔽材料的原因。

结构件之间不能仅仅依靠导电布、导电橡胶、金属丝网等类别屏蔽材料实现搭接，应有用其他辅助措施，如螺钉连接、接地线等。但是如果用簧片、螺旋管材料，则仅用这种搭接是允许的，而且一般均能够满足要求。例如机柜的侧门与机架之间如果是用导电材料屏蔽，并无其他可靠的电连接，则应该考虑采用接地线实现搭接；如果使用簧片材料屏蔽，而且正常状态下侧门是非曲直打开的，则不需要再用接地线，因为通过簧片搭接比接地线要好得多。

另外，接地线以及其他类别的搭接条不能直接穿过屏蔽体，以免由于线缆辐射而破坏屏蔽的完整性。如果一定要穿过屏蔽体，则在进出屏蔽体时应与屏蔽体可靠搭接（360 度环接或者多点连接）。

## 4.4. 搭接设计的具体实施方案

本节以机柜为例，说明结构件中搭接设计的实施方案。一体化机箱，盒式结构的搭接设计相对比较简单，可以参照机柜的搭接形式，并保证结构件的电连续性。

### 4.4.1. 机架作为搭接的地平面

良好搭接的机架是一个理想的参考地平面。机架一般由围框、盖板、立柱、支撑条、方孔条等部分组成。

围框和立柱通过螺钉连接（或者焊接），注意围框与立柱的接触面必须是导电处理的（铝合金导电氧化处理等）。由于围框与立柱间的连接对结构设计至关重要，一般的连接肯定能够满足搭接

性能的要求。

盖板与围框之间采用螺钉多点连接，并保证盖板与围框之间接触面是导电处理。因为盖板上往往会安装滤波器、出线装置、接地铜条等，0 一般建议采用钢板镀彩锌处理，不要喷漆。

方孔条最好直接与立柱连接，或者通过支撑条与立柱连接。机柜内部插箱、模块一般均通过方孔条与机架这个地平面连接，因此方孔条的搭接需要足够重视。要求方孔条与立柱之间采用多点连接，每个搭接面保证是导电的。一般建议方孔条直接采用钢板镀彩锌或者铝合金导电氧化处理，不要再喷漆。

通过上述方式，能够保证机架本身是一个良好的等势体，作为搭接的参考地平面

## 4.4.2. 门盒侧门的搭接

门、侧门与机架之间可以通过接地线搭接。一般建议在门、侧门上面焊接接地螺柱，围框上对应位置开螺孔，通过接地线连接。

对于屏蔽机柜，门和侧门之间是否需要接地线按照以下原则处理：

如果在正常工作情况下，门和侧门是可以打开的，则必须加接地线，以保证可靠的连接。

如果门和侧门与机架之间的屏蔽材料是采用导电布、金属丝网等电阻比较大的材料，无论门、侧门是否会打开，均需要接地线，因为通过这些屏蔽材料的搭接是不够的。

如果在正常工作情况下，门、侧门是不打开的（典型的有机柜侧门、基站的后门），而且与机架之间的屏蔽材料是采用簧片、螺旋管等电阻十分小的材料，则没有必要再加接地线。

## 4.4.3. 内部插箱、模块的搭接

机柜内部的插箱、模块本身必须保证良好的电连续性。模块、插箱一般通过挂耳与方孔条连接，从而与机架之间实现良好的搭接。注意挂耳与方孔条之间必须是面接触，在采用浮动螺母时，挂耳或者方孔条上面应该有合适的开槽，防止挂耳与浮动螺母只是线接触而并没有与方孔条之间可靠搭接。

插箱、模块内部 PCB 上面的 PGND 应该通过安装螺钉与拉手条连接，拉手条再通过螺钉、铆钉等可靠的搭接方式与横梁、侧板、挂耳连接。背板上面的 PGND 应该通过安装螺钉与横梁连接，并通过螺钉、铆钉等可靠的搭接方式与侧板、挂耳连接。插箱、模块以及内部 PCB、背板与机架之间不再使用电缆搭接（背板上 PGND 至电源盒或者机柜顶部的 PGND 电缆是否保留？）。

拉手条与横梁之间不能依靠扳手实现搭接，建议采用螺钉连接。

## 4.4.4. 并柜时机柜的搭接

并柜时机柜之间可以通过机柜顶部的并柜连接板实现搭接，并不再需要机柜之间 PGND 连接电缆。并柜连接板与围框之间的接触面必须是导电处理，并柜连接板与围框之间通过螺钉可靠接触。

## 4.4.5. 外部地线与机柜的搭接

一般在机柜的盖板上面安装一个接地铜条。铜条直接与盖板螺钉连接，连接螺钉不少于 3 个。铜条折弯部分伸入机柜内部，与配电盒的 PGND 端子相连。机柜结构件通过本身的搭接与铜条相连。

## 4.5. 典型错误搭接方法

### A. 19” 钣金机柜立柱与围框

某机柜立柱与围框之间通过紧固螺栓与立柱上面焊接的螺母实现搭接，违反了不能通过螺纹实现搭接的原则。正确的做法应该是通过面接触实现搭接。由于该机柜在设计初期并没有考虑到搭接方面的需求，目前更改已经十分困难。

### B. 插箱与机架之间通过滑道搭接

某产品中插箱与机架之间通过安装滑道实现搭接。由于这种搭接并不能保证可靠的接触，特别是安装面由于磨损十分容易生锈导致搭接失效。正确的做法应该是通过方孔条搭接。

### C. 喷漆保证不良

某产品拉手条全部喷漆，与插箱之间的接触面根本不能电连接，只能通过松不脱螺钉实现搭接。正确的做法是接触面应该保护，不能喷漆。而且这种保护应该还是比较可靠的，不能在保护面内由于存在开孔导致保护不彻底，存在油漆痕迹。

### D. 铝合金阳极氧化处理后搭接

某产品中，拉手条是阳极氧化处理的，与子架之间不能根本没有连接，只是通过松不脱螺钉实现搭接。正确的做法应该是采用导电氧化处理。

### E. 门与机架之间依靠门轴搭接

某机柜中门与机架之间仅仅通过门轴实现连接，设计人员还振振有辞地说用万用表量了之后是通的。实际上这种搭接是不可靠的，正确的做法应该用接地线连起来。

### F. 传输子架与机柜之间用 M3 螺钉电缆

传输某个产品中子架与机柜之间用电缆连接，实现搭接，连接时用的螺钉为 M3。首先子架与机柜之间用电缆搭接是不可取的，因为通过结构件实现搭接比电缆要可靠得多。另外，用电缆连接时螺钉也太小，必须用 M5 以上得螺钉。

### G. 标准机柜后方孔条用于扎线，没有接地

某标准机柜后方孔条没有接地，而该方孔条又用于扎线，存在潜在的安全隐患。正确的做法应该是后方孔条与机架之间多点接地。

## 5. 单板、背板接地设计

### 5.1. 单板接地建议

接地是一个系统的工程，整个设备的接地思想要达到和谐统一，从机架、插框、模块一直到背板、单板都要按照统一的思想进行接地处理，从而达到电气人身安全、信号质量、电磁兼容性等各方面性能的稳定。

单板是实现电气功能的基本单位，有了好的地线设计，各种元器件、IC 的正常稳定工作，各种信号的质量以及 EMC 性能、安全性等等才能有可靠的保证。

#### 5.1.1. 单板中各种地的命名和意义

我司产品中单板供电方式基本可以分成两种，集中供电和分散供电。集中供电是指各个单板上器件和芯片的主要的工作电源（+5V、+12V 等）是由背板连接到单板，DC/DC 二次电源转换是由系统中专门的电源板进行的；分散供电是指系统中各个单板本身进行 DC/DC 转换，为单板自身工作提供直接的电源。见图 3.2.1 和图 3.2.2 所示：

随着对通信设备安全性的要求越来越高，加上单板的功耗越来越大，分散供电逐渐成为必然的选择。

采用分散供电的系统，单板上的电源部分比较复杂。首先，-48V 以及其回流线从背板上引到单板，单板上的 DC/DC 电路产生单板上的主要供电电源，单板上可能还会用到其他的辅助电源，这些电源可以从-48V 电路直接变换得到，也可以从单板上主要电源间接转换得到。因为各种电路、器件的要求不同，使得各种电源的地线并不简单合并，比如模拟和数字电路；各种隔离器件；特殊要求的芯片；各种滤波防护电路等等。于是，一块单板上可能会有几种地线，包括-48V 电源的回流线，通常称为 BGND；和背板相连于系统其他单板通信的基准 GND；为防护和滤波电路提供电流通路的 PGND；模拟电路的地线 AGND；数字电路的地线 DGND；某些特殊芯片使用的专门地线 TGND 等等。

**BGND**：-48VDC（+24VDC）电源的回流线，即 0V 线。主要作用是和-48V 线一起组成系统或插框主电源差分工作电流的回路，本身并不能作为信号的基准，不是准确意义上的地线；

**PGND**：机壳地。和系统或插框的金属外壳相连，即和系统的基准地（大地）相连，主要作用是异地系统之间的相互通信提供统一的信号基准，同时为各种防护滤波电路提供干扰电流的旁路点。

**GND**：系统地。为系统或插框内各个单板之间的通信提供基准（参考），主要存在于背板上，一般形式为平面方式。

**DGND**：数字信号地。是单板上各种数字电路和 IC 工作的基准。

**AGND**：模拟信号地。是单板上各种模拟电路和 IC 工作的基准。

**TGND**：专门地线。单线上有特殊要求的芯片工作时需要将参考地线和数字地、模拟地有一定程度的隔离时专门分离出来的地线。

## 5.1.2. 引如单板的 BGND 处理

因为直流电源一般是从外部局方或者系统内有专门的一次电源从交流市电转换而来，相对单板上的信号来说是大信号，而且电源上往往有大的干扰和冲击发生；另外，-48V 电源实际工作电压可能达到 70V 以上，超过了人身的安全电压（36V）和电气的安全特低电压（60V），需要考虑是否具有能量危险以及和 SELV 电路的隔离等等，这些对低电压供电的单板是一种潜在威胁。所以，对从背板引入到单板的直流电源基本要求是引线短，和单板上 SELV 电路有一定距离并经过滤波处理，见图 3.2.3：注：图中因为有各种其他功能电路，滤波电路距离电源插座可能有一段距离，怎样才能达到好的效果，比如在电源插座旁放置高耐压的安规电容等，效果和可靠性需要进一步的实验。

过流保护是由一个超快熔断保险管构成；

缓启动电路主要作用是使单板上电过程延长，减少上电时的冲击电流，减少因电源瞬时过载使供电电压出现暂时跌落，从而出现各种工作不稳定情况的危险系数。

滤波电路的作用是在电源口上进行高频的隔离。差模滤波由电容组成，共模滤波由共模电感和共模电容组成。典型电路如下（图中缺少共模电容）：

防护要求。单板电源入口处需要进行浪涌的防护设计，一般建议在两根电源线之间加入一个瞬态抑制二极管（TVS）进行差模防护，在 BGND 和 PGND（机壳地）之间使用一个气体放电管进行共模防护，这也可以根据实际情况决定是否使用。

PCB 走线要求。BGND 在进入单板后基本没有串接器件（除共模电感）就进入 DC/DC 模块，所以可以做到走线路径很短，建议在地线层采用分割的方法。同时注意和 PGND 网络之间的空间距离，保证足够的绝缘强度。

整个电源输入部分建议放在单板的内边缘，见图 3.2.3，保持和单板工作电路及走线之间的距离。

## 5.1.3. 单板数字地（GND、DGND）的连接和处理

作为单板上最主要的地线，数字互连信号将之作为主要回流通路，也是控制信号线特征阻抗的关键参考平面，同时是各种单板内滤波屏蔽的参考点，地位十分重要，在处理时也要保证它的合理、可靠。

从背板来的直流电源经过 DC/DC 转换成单板上供电电源及其回流地线（DGND），在本板上作为参考电平，连接到背板上后成为系统内通信的参考；GND；单板内部其他工作地线都应该在单板上以某种途径与 DGND 相连。

接地理论中的单点、多点接地的区别在单板上最能体现，因为 IC 的工作电流的变化速率是系统中最高的，而工作电压又是系统中最低的，地线上的共阻抗就最有可能引起干扰问题。见图 3.3.4。

单点接地的好处是接地线比较明确清楚，成本较低；但最大的问题是地线较长，在高频时阻抗大，可能影响芯片自身的稳定工作，更多的时候是产生共阻抗干扰耦合到相邻的或者共地线的芯片上产生互扰。因为我司产品的单模工作频率一般较高，所以建议减少使用单点接地。多点接地的优点是芯片工作有各自的电流回路，不会产生共地线阻抗的互扰问题，同时接地线可以很短，减少地线阻抗；多点接地也有其不足之处，需要增加 PCB 的成本是一个问题，但最主要的问题是单板上高频回路数量剧增，这些高频的电流回路对磁场是很敏感的，所以在进行 PCB 设计时需要特别注意。

混合接地（如上最后一张图）结合了两者的特点，低频电流从串联单点接地线经过，高频电流将沿着各自 IC 的接地电容回流，相互独立。

目前我司单板设计时数字地是从 DC/DC 变换经滤波后就直接成为 PCB 上的地线层，延伸至整个单板，为每个器件和信号线提供参考的回流平面，在需要接地的地方就近打孔连接，加上旁路和

去耦电容的使用，基本解决了多点接地的隐患。需要注意的是和背板连接以及单板上其他地的汇接问题以及 PCB 设计时地的安排。

数字地和背板连接就成为系统通信的参考地（GND），一般情况下是使用高密度的连接器同时实现地和信号的连接，此时要注意地线针数，建议地线针数不少于总针数的 1/3；同时注意地线针的安排，建议将地针散布在信号针之间，减少信号之间的互扰，也可以减弱信号线特征阻抗经过连接器产生的跳变，在一些关键信号或者较为敏感的信号线周围安排较多的地线针。

在单板内部，其他电源的地线如模拟地（AGND），特殊芯片参考地（TGND），机壳地（PGND）等等都可能通过一定的方法于数字地发生联系。模拟电路和特殊芯片要求电路相对隔离，避免受其他数字电路的影响，地的分割上也要将 AGND 等专门分开，使模拟电路及有特殊要求的电路以专门的地线层作为参考，地线上的回流不会相互交叉干扰。但为了保证单板内通信正常，这些地线需要连接在一起，这就需要进行单点的连接，选择位置和宽度时要充分考虑到参考平面的独立性，避免有信号走线跨分割。见图 3.3.5：

单板上各种电路的连线都从各自的参考平面上走线，数模电路之间一般通过数模（模数）转换芯片进行连接，各种地分割之间通过一定宽度的金属相通连接，需要注意的是避免各模块内部连线从相连处经过，减少互扰机会。

如果不能避免信号线跨地分割，需要保证这些信号的质量不受跨分割的影响。

地线的层数同样重要，一般要求单板的第二层和倒数第二层是地线层，主要电源层旁边需要地线层，重要信号层临近地线层，最理想的状态是让每个信号层都有相邻的地线层，只使用地平面作为信号的参考平面。同时需要控制和地层之间的厚度，保证对阻抗有良好控制。

单纯从 EMI 抑制角度看，单板上下两层都铺地线铜皮有更好的效果，目前没有这么做主要是因为单板表层焊盘、过孔过多，铺地层将很不完整，难以达到理想状况，相对成本提高很多。随着芯片集成度提高，加工工艺的完善，如果成本因素允许，建议使用表面铺地的方案。

数字地和机壳地在单板上是否连接目前尚无定论，建议分成两种情况区别对待，在单板进行了全屏蔽设计时建议做为一个网络；在其他情况建议使用高频短接方式，用高频性能良好的电容连接，为单板地线上可能存在的高频干扰提供低阻抗通路，避免因为插框外部或者背板上短接阻抗大产生共模干扰源，如果背板连接机壳的阻抗大也可能产生共模干扰。综合起来，单板上接地一般情况如图 3.3.6：

#### 5.1.4. 单板中模拟地（AGND）的处理

模拟电路抗干能力很弱，尤其是和对外干扰大的数字电路放在一起时要特别注意采取必要的保护措施，避免和数字电路接触是首要原则。我司的单板上，模拟部分相对较少，模拟信号的参考地（AGND）可以安排在地线层中分割产生，作为模拟信号专用的回流途径。为了保证数字信号的电流不对其产生干扰，AGND 上不能有高速数字信号线走过，同时，容易受干扰的模拟信号也不能从数字地上走线。

数模电路之间的相互控制和通信建议只使用 D/A 或者 A/D 进行，A/D(D/A) 芯片放置在 DGND 和 AGND 的交界处，并将数字和模拟部分分开。

模拟地最终要和数字地连接在一起，保证系统内有统一的参考点，采用单点连接方式，原则是保证数模电路各自的电流通路在同一个参考平面上，同时要有一定的宽度。具体方法可以参见图 3.3.6。

### 5.1.5. 单板中机壳地（PGND）的处理

单板上的 PGND 名为机壳地，是和系统或插框的金属封装连接的，并与大地（机房接地排）直接相连，作为系统对外的电平基准。单板上之所以要将 PGND 引入，是因为各种防护、滤波电路都将 PGND 作为干扰和冲击电流汇入大地的低阻抗通路；在单板直接有对外系统通信的信号引出时，PGND 又是公共的参考地，信号本身回流也从上经过；当单板本身进行全屏蔽处理时，机壳地又是屏蔽体的基准。

PGND 的引入有两个途径，一是从单板的金属拉手条；另一个是从背板中得到。在下面几个情况下，必须将拉手条上的机壳地引入单板：1、当采用金属拉手条作为整机屏蔽体一部分时；2、当单板对外系统有各种电信号接口需要防护滤波时；3、当单板进行全屏蔽设计时；4、当单板需要利用拉手条散热时。不满足上述四点，而且单板内又有用到机壳地的地方时将背板上的 PGND 引入。

目前我司单板主要的类型是金属拉手条作为整机屏蔽体一部分或者防护滤波的泻流地。推荐的做法是采用螺钉将拉手条固定在单板上，单板上定位孔实行金属化处理，保证良好的接触性能；拉手条上的扳手采用不导电的塑胶件，并避免因为扳手造成拉手条上过大的开孔；单板 PCB 上在拉手条边缘分割出一声铜皮（整板屏蔽处外）；单板直接对外信号的防护和滤波就使用这一块铜皮作为 PGND；单板和背板联系的电源或者信号需要使用机壳地的地方使用背板引入并和拉手条上的 PGND 不发生联系，虽然实际上两者都是连接在结构体上，但因为单板数量可能较多，如果都将背板的 PGND 引入而且和拉手条相连，将形成大量的接地环路，带来一些不可预知的问题。

建议两者在单板中断开，参考下图 3.3.7：

此时注意一定要保证拉手条和机壳接触良好，避免静电放电的威胁。

PGND 和其他单板地之间的关系在数字地一节已经说过，参考图 3.3.6。

单板上直接对外通信时多数情况下需要进行共模的防护和滤波，都是以机壳地为泻流通路的，这就要求单板 PGND 要和拉手条接触良好；防护滤波电路对阻抗的要求很高，器件接机壳地走线都要十分注意；当信号接口处有变压器隔离时同时要注意地的隔离。

### 5.1.6. 单板整体屏蔽时的接地处理

在某些时候，为了保证系统的 EMC 性能，需要将单板进行全部屏蔽处理，此时，接地的方案和方法十分重要。屏蔽分为电场屏蔽和磁场屏蔽，磁场屏蔽需要的是一层导电和导磁性能皆佳的金属包裹，而对金属是否良好接并没有要求；但电场屏蔽需要金属包裹接地良好，保证各点电平（高频、低频）一致性。

单板上处理方法有两种，一是利用 PCB 本身上下平面铺铜；二是单板外加金属外壳。

利用 PCB 本身实现单板屏蔽是一种简单易行的方法，适用于对屏蔽性能要求不高，单板上器件数量不多的情况，相对外加金属壳的方法，加工工艺十分简单。具体方法是将 PCB 的上下两层铺铜成为机壳地，因为对单板来说，屏蔽体只与自身有关，此时对外单板和系统来说，机壳地已经是单板自身的基准，所以我们建议此时单板上的数字地和机壳地不再分开，直接作为一个网络即可。

因为 PCB 上下两层都已经是 PGND，形成屏蔽体主体，剩下的问题就是怎样完善和保证其完整性。完善屏蔽体时要将所有存在的开口和开缝去掉，单板上主要有下面几个方面需注意：

- a. PCB 厚度造成的上下两层之间存在长度为单板周长的开缝；
- b. 和背板相连的接插件处；
- c. 和拉手条接触；
- d. PCB 上的焊盘和过孔；
- e. 拉手条对外有非金属连接器。

依据上面 5 点，建议如下：

- a. 在 PCB 边缘打一周的过孔连接上下表面的 PGND，形成以 PCB 厚度为高的金属笼，过孔之间的宽度就是最大的开孔尺寸；
- b. 在背板相连的高密度接插件上合理安排地线针，减少开孔大小；
- c. 和拉手条采用阻焊的金属亮铜大面积接触，增加连接可靠性；也可将单板边缘做成阻焊亮铜，配合金属滑道接地；
- d. PCB 上的焊盘和过孔不可避免，数量昼要尽量减少，并且摆放时注意不可形成长的连续缝隙；
- e. 拉手条上对外有非金属连接器时可以使用外加小装置将连接器模拟成金属外壳，并和拉手条紧密接触。

这些处理最难点就是拉手条上非金属连接器，目前建议使用金属弹片，整体呈直角，一端用等距的齿针焊接在 PCB 上并连接到 PGND，一端有较大弹性，安装时压在拉手条和非金属连接器的中间，PCB 上下两面都有，交叉焊接，将因连接器造成的长度方向的缝隙消除。

参加下图 3.3.8：

外加单板金属外壳也有两种方案，一是单板一面背金属板；一种是单板两面都有金属板。一面背金属板简易行，利用系统中的金属插框和相临单板形成全金属屏蔽。需要注意的是金属板本身和背板以及拉手条之间的接触一定要完整良好，拉手条之间同样要处理好。两面都有金属板的情况是工艺上最难实现的，也是屏蔽效果最好的。在设计不但要考虑怎样将屏蔽作好（同样是注意屏蔽体几个面的接触部位），还要考虑安装工艺，散热考虑，维护性能等等，可以说难在工艺设计上。从接地角度看，单板全屏蔽设计就是要在单板周围形成一上尽量封闭的金属体，并良好的接触 PGND。

### 5.1.7. 单板局部屏蔽时的接地处理

在单板上如果某一部分电路及走线对外和辐射干扰很大，引起系统辐射超标或者通过耦合影响周围电路工作异常；或者这部分电路抗干扰能力较差，容易受外界干扰时可以采用局部屏蔽的措施。

屏部屏蔽和全屏蔽一样，都需要形成一个接地良好的金属体将被屏蔽部分包裹进去，开口的最大缝隙根据需要屏蔽的最高频率和效能来定。封闭的金属体可以用外加金属盖和 PCB 的金属平面层来构成，接地应该是这部分电路对外通信时使用的地线，一般是数字地（GND），因为从干扰信号对这部分电路造成影响或者电路对外的干扰信号都是以这个地作为直接基准的，在进行滤波屏蔽时直接针对这个基准进行就能达到效果。当然，如果这部分电路对外系统有电信号接口需要进行防护和滤波，那么采用的泻流地仍然是机壳地 PGND，因为这些干扰电流主要还是以共模形式为主。局部屏蔽工艺上比较容易实现，如果屏蔽体内有功能很大的芯片则需要考虑散热，安装可以采用间隔齿状焊接，和 PCB 上大面积地线导铜皮一起构成完整屏蔽体，原则上所有进出屏蔽体的信号都需要进行滤波处理，所以建议进行局部屏蔽的应该是一个相对独立的电路模块，对外的接口信号较小，且是速率较低的控制信号等

### 5.1.8. 单板上金属体的接地处理

单板上的金属物体，因为离电磁辐射源很近，近场的耦合效应很强，而且因为面积通常较大，和机壳，外出电缆等的容性耦合效应较强，容易成为不对称偶极子天线的短边（长走线或外出电信号为长边），就会产生额外的共模辐射。

所以，建议单板上的金属物体都要良好的接地，包括散热片、固定螺钉、一些器件的金属外壳等等。如果是局部存在的体积较小的金属体建议不近接地（不必一定是 PGND），大的金属体或者



跨越两种地平面的建议接机壳地，接地方式建议采用焊接或铆接或者是螺钉紧固，最好能多点接地，不建议一个长度较大的金属体两端接不同的地（如 GND 和 PGND）。

有一种情况金属体有自己的网络，如某些大功率的晶体管配的散热器电气上和一个管结相连，还有用来增加通流面积的金属如保险管的金属片夹，这些金属物体因为电路工作原理决定了不能接地。

## 5.2. 背板接地建议

### 5.2.1. 背板上地线的种类

背板为系统所有单板（或绝大多数）互相联系的公共通道，单板都使用连接器在背板上实现装卸，几乎所有系统内的通信和单板供电进线都是从背板得到，一般情况下，一个独立的系统或者子系统只有一块这样的背板。相对单板来说，背板上信号数量多、走线长、种类繁多且对质量要求高；尺寸大、厚度高不利于生产加工，要求板上器件各类要少，加工工序简单；投入使用后一般不能维护，要求可靠性高；考虑系统中单板的不断升级因素，背板设计要具有普遍性、一般性、冗余能力。正因为背板的特殊性，作为性能保障的基本要求……接地就显得格外重要。

实际情况中，背板上的元件一般只有连接器，作用也就是“连接”，从信号质量的角度，连接希望做到损耗尽量小，所以，背板上地线的总体要求就是具有大面积的完整性。

背板上的地线（包括电源回流）种类一般有：GND（系统数字地）；BGND（直流回流线）；PGND（机壳地）。

BGND……系统直流供电的回流地线，即-48VDC 或者+24VDC 的 0V 线，主要作用是形成一定压差的电源电压，本身不能作为信号的参考，不是真正意义上的地线；

GND……系统内（子架或插框）各个单板通信的统一参考，背板上连接信号的共同参考为基准，一般以平面方式出现，为各信号提供阻抗连续的回流地线；

PGND……机壳地。和系统或插框的金属外壳相连，既而和系统的基准地（大地）相连，主要作用是系统之间的相互通信提供统一的信号基准，同时为系统内各种防滤电路提供干扰电流的旁路点

### 5.2.2. 接地方式

#### 5.2.2.1. PGND 连接

大地是信号的统一参考地，在单板或背板上，是通过于之连接的金属机壳得到大地的，可以近似的认为 PGND 就是单板上的大地。与金属机壳连接大地的作用主要是作为保护人身安全不同，单板（背板）引入大地的作用是不同系统建立统一的基准，实现通信。

PGND 连接的基本要求是：

- A、为保证通信的正常，要求因外界干扰和噪声引起的地线电平变化最小；
- B、在高幅度、高频率的干扰或冲击电流通过时和机壳保证低阻抗连接；
- C、为系统所有的信号线、DC 电源以及其他的地线提供稳定的参考，尽量减小因连接阻抗产生共模驱动源。

建议背板表层和底层都全部用作 PGND，并在与机架固定的地方阻焊层处理，阻焊带需要具有

一定的宽度，组装前在机架固定处安装屏蔽材料，配合上背板的阻焊亮铜；背板四周设计具有一定直径的过孔，连接上表底层的 PGND，间距建议不大于 30mm；背板上一般都只有高密度连接器，在铺 PGND 铜皮时建议调整与焊盘的距离，保证铜皮铺到高密度连接器针阵列的内部；背板和机架的连接面积从 EMC 角度讲是尽量大，考虑到安装工艺和可靠性，一般只能提供几个条型区域，建议连接部分分为不小于 10 mm 宽度金属条，金属条长度为背板的一条边的整个长度，两个金属条的间距建议不大于其长度的 1/2。

请参考下图 3.1.1:

### 5.2.2.2. GND 连接

数字信号 GND 作为系统内通信的参考地，对系统能够稳定工作起到至关重要的作用。主要的作用为：

- A、系统内信号的参考基准，为 PCB 上每一根信号走线提供阻抗最小的回流途径；
- B、和系统内各个地线（包括模拟地）连接，形成统一的基准；
- C、系统（单板）内进行局部屏蔽和滤波时的地线；
- D、地线层的宽度以及与走线的距离直接决定传输线阻抗；

背板上的 GND 设置比较简单，采用整层铺地处理，建议地线层数和走线层一样多，保证地线性能的实现。

值得注意的是背板上 PGND 和 GND 的连接关系，长期以来，关于两者之间是进行单点连接还是作为一个网络不予区分的争论一直存在，有关的试验也进行了一些，但并不能完全模拟局方实际的情况，根据以往的经验，建议如下：

- A、背板上有直接对外系统的信号出入时建议两者单点连接，方法类似于单板上数字地和模拟地的连接处理；
- B、对外系统的信号出入从使用非导电拉手条的单板时，方法同 1；
- C、当单板使用金属拉手条并且和金属插框搭接良好，只有良板上有对外系统的信号出入时，建议采用一个网络的方法。

上述的区别处理目的就是尽力保证系统的安全，尽量减小冲击电流和高电压在 GND 或单板其他地方流经和形成的机会。

### 5.2.2.3. BGND 的处理

作为系统直流电源的回流线，BGND 并不具备地线的性质，在背板上的处理方法等同于直流 -48V 或者 +24V。一般要求两者对称平行相邻放置，可以在走线层分割处理，也可以单独作为平面，在某些时候甚至可以在地线层中分割出来，这主要根据背板上走线具体情况来决定。

需要注意的是，BGND 需要有足够的走线宽度，并且不要将 BGND 或者 -48V（+24V）放置太靠中间的层，因为考虑到散热的可靠性；另外，和内任何地方的 PGND 网络间距要符合相关的安规标准要求。

### 5.2.2.4. 单板和背板的地连接

参考“接地指导书单板接地部分”。

## 6. 终端及附属设备接地

终端及附属类设备的接地，相对于局用通信设备主机而言，有一定的特殊性。本部分内容重点给出终端及附属类设备的接地设计应考虑的不同与局用通信设备主机接地的一些问题，共性较强的接地问题参见本指导书其他部分的内容。

公司的终端大体可以分为 3 类：局用通信设备的维护控制类终端、数据通信及宽带业务类家端、无线接入类终端。这 3 类终端的接地都需要遵循一些总的接地原则方法；同时，3 类终端的构成、使用环境等也存在很大的差异，接地设计需要关注的问题是不同。本部分在给出终端及附属设备接地一般原则的基础上，分别给出 3 类不同终端设备的接地设计指导。

### 6.1. 一般原则

- a. 终端及附属设备采用金属或部分金属外壳的，金属外壳必须做保护接地。
- b. 终端及附属设备外壳全部采用绝缘材料，绝缘耐压达到 GB4943—2000 中对 II 类设备防电击保护绝缘要求的，允许设备不做保护接地。但设计者应充分考虑因内部电路不接大地丧失电场屏蔽作用对设备 EMC 性能带来的影响。
- c. 为保证终端及附属设备金属机壳的各金属构件有良好的电接触，在这些金属构件的连接处严禁用绝缘材料涂覆，同时必须采取防腐蚀措施。
- d. 接地线应选用铜芯导线，不得使用铝材。
- e. 接地线不宜与信号线平行走线或相互缠绕。
- f. 接地线严禁从户外架空引入，必须全程埋地或室内走线。
- g. 保护地线应选用黄绿双色相间的塑料绝缘铜芯导线。
- h. 保护地线上严禁接头，严禁加装熔断器或开关。
- i. 接地端子必须经过防腐、防锈处理，其连接应牢固可靠。
- j. 保护接地线的长度不应超过 30 米，且越短越好。当超过 30 米时，应要求使用方就近重新设置接地排。

### 6.2. 终端及附属设备接地

#### 6.2.1. 局用通信设备的维护控制类终端

局用通信设备的维护控制类终端（以下简称维护终端），与局用设备主机配套使用。通常与局用设备主机处于相同的运行使用环境之中，建筑物防雷措施较好，接地装置比较完备。这种类型的终端设备接地设计不是完全独立的，应与局用通信设备主机的接地要求相配套。

以下是一些具体的要求：

- A. 维护终端的金属外壳应做保护接地。
- B. 维护终端内部的服务器、逆变器等设备的金属机壳，应与维护终端的保护接地端子可靠连接。
- C. 维护终端与通信设备主机的接地连接

维护终端与通信设备主机间的通信连接线采用网线连接，且网络接口采用 RJ45 头形式，已实

现电气隔离，不要求维护终端与通信设备的主机间做地线互连。

维护终端与通信设备主机间的通信连接线没有采用隔离网线的，如交换机的加载线、HW 线等，要求维护终端与通信设备的主机间做地线互连。

- D. 维护终端的保护接地线宜与通信设备主机的保护接地线连接到同一个保护接地排上。
- E. 维护终端的保护地已接至机房保护接地排的情况下，若维护终端采用 220V 交流供电，维护终端的保护地宜同时与交流电源的保护地相连。

## 6.2.2. 数据通信及宽带业务类终端设备

数据通信及宽带业务类终端设备（以下简称数通类终端）一般在普通的办公环境及家庭环境使用；多数与相同使用环境中的计算机及其他数通类设备有数据线的连接；通常直接使用交流 220V 供电或配电便携式变压器将交流 220V 变为较低的直流电压供电；可根据需要采用金属或塑料外壳。通常计算机类设备需要接保护地，数通类终端如无特殊原因，应采用接保护地的设计方式。

以下是一些具体要求：

### A. 数通类终端采用接保护地的设计

- a. 终端采用 220V 交流供电的，应通过三芯交流电源线中的保护地线实现设备的保护接地，同时应在设备机壳上设置保护接地的接线端子。
- b. 终端的内部单板工作地应直接与终端保护地连接。

### B. 数通类终端采用对大地绝缘有设计

- a. 终端设备的绝缘外壳需要满足 GB4943——2000 对 II 类设备防电保护的绝缘要求。
- b. 终端设备的其他信号接口应对内部单板工作地绝缘，且需要达到一定的绝缘耐压水平（例如 RJ45 形式的网口），这样做是为了避免终端设备通过信号接口接大地，破坏系统对地悬浮的整体设计。
- c. 终端电源（包括内置电源模块和外置便携式变压器）的输入/输出间应绝缘，且需要达到一定的绝缘耐压水平。
- d. 终端设备在失去电场屏蔽作用下的情况下应仍达到规定的 EMC 指标要求。

## 6.2.3. 无线接入类用户终端设备

无线接入类终端由几个部分组成：主机、电源、电话、天线及馈线，可看作一个独立的小系统。因具有放置于室外的天馈系统以及用户外线电缆，设备的防护等级要求高，且使用环境多是偏远地区的普通家庭环境，不具备良好的设备接地条件，因此防护是设备接地设计应重点考虑的问题。无线接入类终端分为单用户终端和多用户终端，以下分别讨论：

### 6.2.3.1. 单用户终端（包括一个主机可带两个电话的情况）

终端具有全绝缘外壳时，可以采用对地悬浮的设计方案，这时需要终端的各部件都对大地绝缘。这样做大大降低防护成本，同时可以避免安装设备时不易保证可靠的接地连接以及接地电阻过大的问题。

终端的任一部件使用了金属或部分金属外壳时，整个系统应采用接保护地的设计方案。终端采用接保护地的设计方案，对各部件的各种接口处防护等级要求较高，设计时应充分考虑。

以下是一些具体要求：

### A. 单用户终端采用对大地绝缘的设计

- a. 放置于室内的各终端部件都需要采用绝缘外壳，且绝缘耐压应满足 GB4943—2000 对 II 类设备防电击保护的绝缘要求。
- b. 终端电源的输入/输出之间应绝缘，且需要达到一定的绝缘耐压水平。
- c. 终端设备在失去电场屏蔽作用情况下仍可达到规定的 EMC 指标要求。
- d. 终端天线架设于室外且高度超过 15 米时，应装设避雷针保护。天线及馈线应在避雷针 30° 半角的保护范围之内。
- e. 室外天线及馈线应架在绝缘杆上，天线及馈线不做保护接地。

### B. 单用户终端采用接地设计

- a. 室内各部件采用金属或部分金属外壳的部件，必须做保护地；室内部件中采用全绝缘外壳且绝缘耐压达到 GB4943—2000 中对 II 类设备防电击保护绝缘要求的，是否设计为应做保护接地可以根据实际情况而定，应考虑的因素有：防护成本、能否保证可靠的接地连接及典型使用环境的接地电阻是否能够达到要求、无电场屏蔽作用下设备的 EMC 性能等。
- b. 天线及馈线处于室外，架设高度超过 15 米时，应装设避雷针保护，且天线及馈线应在避雷针 30° 半角的保护范围之内。
- c. 天馈线应埋地进入室内。
- d. 天线的馈线应在天线架设杆的顶部、底部及机房入口处侧就近良好接地。
- e. 室内部件接地、室外天线及馈线的接地、室外避雷接地应合用一个地网。
- f. 接地电阻宜小于 10 Ω。

## 6.2.3.2. 多用户终端

多用户终端的一般采用机柜式结构设计；具有电源等部件以及配线架等附属防护设施；使用环境可以是普通的民房，也可以是电信机房。从接地设计的角度看，多用户终端更接近局用通信设备主机，一些共性问题可参考接入网、交换机、无线接入及 GSM 基站的接地设计。

以下是一些具体要求：

- a. 多用户终端的金属机壳应做保护接地。
- b. 终端的单板工作地应与保护地直接连接。
- c. 多用户终端的配线架应做保护接地。且配线架上有用户线的位置应装设保安单元。
- d. 用户外线电缆的金属外护套应在室内接保护地，可在配线架处实施。
- e. 用户外线电缆宜穿金属管地进入机房。
- f. 天线及馈线处于室外，架设高度超过 15 米时，应装设避雷针保护，且天线及馈线应在避雷针 30° 半角的保护范围之内。
- g. 天馈线应埋地进入室内。
- h. 天线的馈线应在天线架设杆的顶部、底部及机房入口处侧就近良好的接地。
- i. 室内部件接地、配线架的保护接地、室外天线及馈线的接地、室外避雷接地应合用一个地网。
- j. 接地电阻宜小于 5 Ω