

医疗器械电磁兼容要点解答

1. 为什么要对产品做电磁兼容设计？

答：满足产品功能要求、减少调试时间，使产品满足电磁兼容标准的要求，使产品不会对系统中的其它设备产生电磁干扰或影响周边电磁干扰环境。

2. 对产品做电磁兼容设计可以从哪几个方面进行？

答：电路设计（包括器件选择）、软件设计、线路板设计、屏蔽结构、信号线/电源线滤波、电路的接地方式设计。

3. 在电磁兼容领域，为什么总是用分贝（dB）的单位描述？10mV 是多少 dBmV？

答：因为要描述的幅度和频率范围都很宽，在图形上用对数坐标更容易表示，而 dB 就是用对数表示时的单位，10mV 是 20dBmV。

4. 为什么频谱分析仪不能观测静电放电等瞬态干扰？

答：因为频谱分析仪是一种窄带扫频接收机，它在某一时刻仅接收某个频率范围内的能量。而静电放电等瞬态干扰是一种脉冲干扰，其频谱范围很宽，但时间很短，这样频谱分析仪在瞬态干扰发生时观察到的仅是其总能量的一小部分，不能反映实际的干扰情况。

5. 在现场进行电磁干扰问题诊断时，往往需要使用近场探头和频谱分析仪，怎样用同轴电缆制作一个简易的近场探头？

答：将同轴电缆的外层（屏蔽层）剥开，使芯线暴露出来，将芯线绕成一个直径 1~2 厘米小环（1~3 匝），焊接在外层上。

6. 一台设备，原来的电磁辐射发射强度是 300mV/m，加上屏蔽箱后，辐射发射降为 3mV/m，这个机箱的屏蔽效能是多少 dB？

答：这个机箱的屏蔽效能应为 40dB。

7. 设计屏蔽机箱时，根据哪些因素选择屏蔽材料？

答：从电磁屏蔽的角度考虑，主要要考虑所屏蔽的电场波的种类。对于电场波、平面波或频率较高的磁场波，一般金属都可以满足要求，对于低频磁场波，要使用导磁率较高的材料。

8. 机箱的屏蔽效能除了受屏蔽材料的影响以外，还受什么因素的影响？

答：受两个因素的影响，一是机箱上的导电不连续点，例如孔洞、缝隙等；另一个是穿过屏蔽箱的导线，如信号电缆、电源线等。

9. 屏蔽磁场辐射源时要注意什么问题？

答：由于磁场波的波阻抗很低，因此反射损耗很小，而主要靠吸收损耗达到屏蔽的目的。因此要选择导磁率较高的屏蔽材料。另外，在做结构设计时，要使屏蔽层尽量远离辐射源（以增加反射损耗），尽量避免孔洞、缝隙等靠近辐射源。

10. 在设计屏蔽结构时，有一个原则是：尽量使机箱内的电缆远离缝隙和孔洞，为什么？

答：由于电缆近旁总是存在磁场，而磁场很容易从孔洞泄漏（与磁场的频率无关）。因此，当电缆距离缝隙和孔洞很近时，就会发生磁场泄漏，降低总体屏蔽效能。

11. 测量人体的生物磁信息是一种新的医疗诊断方法，这种生物磁的测量必须在磁场屏蔽室中进行，这个屏蔽室必须能屏蔽从静磁场到 1GHz 的交变电磁场，请提出这个屏蔽室的设计方案。

答：首先考虑屏蔽材料的选择问题，由于要屏蔽频率很低的磁场，因此要使用高导磁率的材料，比如坡莫合金。由于坡莫合金经过加工后，导磁率会降低，必须进行热处理。因此，屏蔽室要作成拼装式的，由板材拼装而成。事先将各块板材按照设计加工好，然后进行热处理，运输到现场，十分小心的进行安装。每块板材的结合处要重叠起来，以便形成连续的磁通路。这样构成的屏蔽室能够对低频磁场有较好的屏蔽效能，但缝隙会产生高频泄漏。为了弥补这个不足，在坡莫合金屏蔽室的外层用铝板焊接成第二层屏蔽，对高频电磁场起到屏蔽作用。

12. 什么是截止波导板（蜂窝板），什么场合使用，使用时要注意什么问题？

答：由许多截止波导管组成的阵列板，需要较高的屏蔽效能和通风量时使用，使用时要注意蜂窝板与机箱之间要使用电磁密封衬垫安装，或焊接起来。

13. 有一台塑料机壳的设备，电磁辐射超标，为了使其满足电磁兼容标准的要求，开发人员在机壳内部用导电漆喷涂，结果没有明显改善，请分析可能会是什么原因。

答：原来的塑料机箱上孔洞过多、过大，产生严重的泄漏，也可能是缝隙不严（可能是接触不紧，也可能是在结合处没有喷导电漆），产生泄漏。另外，原来机箱上的电缆（信号线、电源线）一般没有良好的滤波措施，这些电缆造成机箱泄漏。

14. 透明屏蔽窗有哪几种，使用时要注意什么问题？

答：有玻璃夹金属网构成的屏蔽窗和在玻璃上镀上很薄的金属膜构成的屏蔽窗两种。在使用时，要注意金属网或导电镀膜一定要与屏蔽机箱的基体导电性紧密接触。

15. 在 CRT 显示器的屏幕上使用金属网夹层的屏蔽玻璃时，会有令人讨厌的条纹，怎样减小这种现象？

答：将丝网的方向旋转一下，使纬线与显象管的扫描线之间形成 15~20 度夹角。

16. 电磁密封衬垫的两个关键特性是什么？列出尽可能多的电磁密封衬垫种类，并说明各种产品的适用场合。

答：电磁密封衬垫必须具备的两个特性是弹性和导电性。常用电磁密封衬垫的种类有：指形簧片、金属网衬垫、导电橡胶、导电布包裹发泡橡胶、螺旋

管等，除了有切向滑动接触的场所外，避免使用指形簧片，有环境密封要求时，使用导电橡胶，其它场合可使用导电布衬垫，需要屏蔽的频率不高时，也可用丝网衬垫，能够确保不会过量压缩时，可使用螺旋管。

17. 使用电磁密封衬垫时要注意什么问题？

答：面板的厚度适当，防止在衬垫的反弹力作用下发生形变，造成更大的缝隙，面板厚度较薄时，紧固螺钉的间隔要较小。设置限位结构，防止过量压缩，选择适当的金属材料，减小电化学腐蚀。

18. 一个屏蔽机箱上，必须要穿过一根金属杆，怎样处理才不会破坏机箱的屏蔽效能？

答：将金属杆的周围通过铍铜簧片与屏蔽基体可靠地搭接起来。

19. 电源线滤波器主要起什么作用，选型时主要考虑哪些参数，使用电源线滤波器时要注意什么问题？

答：电源线滤波器的作用是抑制传导发射电流沿着电源线传播。选型时要考虑插入损耗（共模和差模）、额定电流、电压、有效的频率范围等参数，使用时要注意安装方法，必须射频接地良好，输入输出隔离、防止滤波过的导线部分再次污染。

20. 为什么电源线滤波器的高频滤波特性十分重要？

答：如果高频特性不好，会导致设备的辐射发射超标或对脉冲性干扰敏感

21. 进行结构电磁兼容设计时，有一个原则是：经过滤波的电源线要尽量远离各种信号电缆，这是为什么？

答：如果电源线与信号电缆靠得很近，信号电缆上的高频信号会耦合到电源线上（特别是已经滤波过的部分），造成电源线上的传导发射超标。

22. 为什么选用电源线滤波器时，不能一味追求体积小巧？

答：滤波器的体积主要由滤波器电路中的电感决定，较小的滤波器内的电感体积必须较小，这样电感量可能较小，会导致滤波器的低频滤波性能较差。另外，滤波器的体积较小，必须要求内部器件相互靠得很近，这样会降低滤波器的高频性能。

23. 什么叫滤波器的插入损耗，用什么方法测量滤波器的插入损耗可以得到最保险的结果？

答：由于滤波器接入电路产生的电流、电压损耗叫做滤波器的插入损耗，干扰滤波器应对干扰频率的信号有尽量大的插入损耗。测量滤波器的插入损耗应采用源和负载阻抗的比值为 0.1:100（或反过来）的条件来测，这时可以得到最坏条件下的结果，也就是最保险的结果。

24. 一般而言，交流线滤波器可以用在直流的场合，但是直流线滤波器绝对不能用在交流的场合，这是为什么？

答：直流滤波器中使用的旁路电容是直流电容，用在交流条件下可能会发生过热而损坏，如果直流电容的耐压较低，还会被击穿而损坏。即使不会发生这两种情况，一般直流滤波器中的共模旁路电容的容量较大，用在交流场合会发生过大的漏电流，违反安全标准的规定。

25. 信号线滤波器主要起什么作用，从安装方式上讲有哪些种类，怎样确定使用什么安装方式的信号滤波器？

答：减小信号线上不必要的高频成分（主要是共模的），从而减小电缆的电磁辐射，或防止电缆作为天线接收空间电磁干扰，并传导进机箱。有线路板上安装和面板上安装两种方式，需要滤波的频率较低时使用线路板上安装的结构，需要滤波的频率较高时，使用面板上安装的结构。

26. 某根信号线上传输的信号最高频率为 30MHz，测量表明，这根导线上有 120MHz 的共模干扰电流，用共模辐射公式预测，只要将这个共模电流抑制 30dB，就可以满足电磁兼容标准的要求，需要几阶的低通滤波电路？

答：按照题意，低通滤波器的截止频率为 30MHz，而在 120MHz 的插入损耗要大于 30dB。由于 N 阶滤波器的插入损耗增加速率为每倍频程 6N(dB)，30MHz 至 120MHz 为两个倍频程，因此，N 阶滤波器的截止频率若在 30MHz，则在 120MHz 时插入损耗为程 12N (dB)。若要使程 12N > 30，则可取 N=3，即低通滤波器的阶数至少为 3。

27. 三端电容器为什么更适合于干扰滤波？

答：电磁干扰的频率往往很高，因此干扰滤波器的高频特性至关重要，三端电容巧妙地利用一个电极上的两根引线电感构成了 T 型低通滤波器，而消除了传统电容器中引线电感的不良影响，提高了高频滤波特性，因此三端电容器更适合于干扰滤波。

28. 为什么说穿心电容是干扰滤波的理想器件？

答：穿心电容是一种三端电容，但与普通的三端电容相比，由于它直接安装在金属面板上，因此它的接地电感更小，几乎没有引线电感的影响，另外，它的输入输出端被金属板隔离，消除了高频耦合，这两个特点决定了穿心电容具有接近理想电容的滤波效果。

29. 电磁干扰抑制用的磁芯与传统上用做电感的磁芯有什么不同,当将两者用错时，会发生什么现象？

答：传统上用做电感磁芯的材料具有很小的损耗，用这种磁芯作成的电感损耗很小。而电磁干扰抑制用的磁芯损耗很大，用这种磁芯制作的电感具有很大的损耗，其特性更接近电阻。当将两者用错时，均达不到预期的目的。如果将电磁干扰抑制用的磁芯用在普通电感上，电感的 Q 值很低，会使谐振电路达不到要求，或对需要传输的信号损耗过大。如果将普通制作电感用的磁芯用在电磁干扰抑制的场合，则由于电感与电路中的寄生电容会发生谐振，可能使某个频率上的干扰增强。

30. 若一个旁路滤波电容的容量为 470pf, 两根引线的长度均为 2mm, 这个电容在什么频率上滤波效果最好 (提示: 引线的电感按 1nH/mm 估算)?

答: 当电容发生串联谐振时, 其阻抗最小, 具有最好的滤波效果。这个电容的谐振频率为

$$f = 1 / [2p (L C)^{1/2}] = 1 / [2 \times 3.14 \times (4 \times 10^{-9} \times 470 \times 10^{-12})^{1/2}] = 116\text{MHz}$$

因此, 这个电容 在 116MHz 的频率处滤波效果最好。

31. 用在外拖电缆上的信号线滤波器额定工作电压为什么最好大于 200V (尽管一般电缆中传送的信号电压仅几 V 或十几 V) ?

答: 因为外拖电缆上会受到幅度很高的浪涌、静电放电等瞬间高压干扰的冲击, 滤波电容的耐压要能够承受这些高压的冲击。

32. 什么是共模扼流圈, 怎样绕制?

答: 仅对共模电流有电感作用的扼流圈称为共模扼流圈。共模扼流圈的绕法是使两根导线上的差模电流在磁芯中产生的磁力线方向相反, 从而能够相互抵消。当电压较高时, 去线和回线要分开绕, 以保证足够的绝缘电压。当电压较低时, 可以双线并绕。

33. 当设备电磁辐射超标时, 我们往往在电缆上套一个铁氧体磁环。如果一台设备的电磁辐射超标, 我们在设备的一根电缆上套上一个铁氧体磁环后, 发现并没有什么改善, 这说明什么问题, 应当怎样处理?

答：有两种可能，一种是原来的共模回路阻抗较高，共模扼流圈加入后所增加的阻抗与原来的回路阻抗相比很小，因此扼流圈的作用实际很小。 另一种可能性是系统中还有其它辐射源，这根电缆的辐射减小量以分贝表示时其数值很小。如果属于前一种情况，可以在电缆端口上使用旁路电容，减小共模回路阻抗，如果属于第二种原因，则需要检查其它辐射源。

34. 当穿过面板的导线很多时，往往使用滤波连接器或滤波阵列板，在安装滤波连接器或滤波阵列板时要注意什么问题？

答：要在滤波连接器或滤波阵列板与机箱面板之间安装电磁密封衬垫或用导电胶带将缝隙粘起来，防止缝隙处的电磁泄漏。

35. 在进行电磁干扰问题分析时，往往用什么定义来描述地线？

答：将地线定义为信号的回流线。

36. 导致地线干扰问题的根本原因是什么？

答：地线的阻抗是导致地线问题的根本原因，由于地线阻抗的存在，当地线上流过电流时，就会产生电压，形成电位差，而我们在设计电路时，是假设地线上各点电位是相同的，地线电位是整个系统工作的参考电位，实际地线电位与假设条件的不同导致了各种各样的地线问题。

37. 为什么在有些进口样机中看到有些地线通过电容或电感接地？

答：为了使地线系统对于不同频率的信号呈现不同的地线结构。

38. 列出尽可能多的降低地线射频阻抗的方法。

答：尽量使用表面积大的导体，以减小高频电流的电阻；尽量使导体短些，以减小电阻和电感；在导体表面镀银，减小表面电阻；多根导体并联，减小电感。

39. 什么是搭接，举出几种搭接的方法。

答：金属构件之间的低阻抗（射频）连接称为搭接，搭接的方式有焊接、铆接、螺钉连接、电磁密封衬垫连接等。

40. 怎样防止搭接点出现电化学腐蚀现象？

答：选择电化学电位接近的金属，或对接触的局部进行环境密封，隔绝电解液。

41. 电路或线路板电磁兼容性设计时要特别注意关键信号的处理，这里的关键信号指那些信号？

答：从电磁发射的角度考虑，关键信号线指周期性信号，如本振信号、时钟信号、地址低位信号等；从敏感度的角度考虑，关键信号指对外界电磁干扰很敏感的信号，如低电平模拟信号。

42. 为什么数字电路的地线和电源线上经常会有很大的噪声电压？怎样减小这些噪声电压？

答：数字电路工作时会瞬间吸取很大的电流，这些瞬变电流流过电源线和地线时，由于电源线和地线电感的存在，会产生较大的反冲电压，这就是观察到的噪声电压。减小这些噪声电压的方法一是减小电源线和地线的电感，如使用网格地、地线面、电源线面等，另一个方法是在电源线上使用适当的解耦电容（储能电容）。

43. 在实践中，常见到将多股导线绞起来作为高频导体，据说这样可以减小导线的射频阻抗，这是为什么？

答：这样增加了导线的表面积，从而减小了高频电阻。

44. 为什么自动布线软件完成的线路板往往辐射较强？

答：自动布线软件一般不能够保证周期性信号具有较小的回路面积，因此会产生较强的辐射。

45. 减小线路板电磁辐射的主要措施是什么？

答：使容易产生辐射的信号（周期性信号）具有最小的回路面积。如果线路板上有外拖电缆，辐射较强的电路远离输入/输出电路，在输入输出电路的位置设置“干净地”以减小电缆上的共模电压。

46. 怎样从选器件方面减小电磁辐射？

答：选择功耗低、上升/下降沿尽量缓、集成度尽量高的芯片。

47. 在使用多层板布线时,为了避免数字电路地线与模拟电路地线相互干扰,用两层地线面分别做数字地和模拟地,可以吗?为什么?

答:不可以,两层地线之间的寄生电容较大,会发生严重的串扰。

48. 为什么在进行线路板布局时,要使高频电路尽量远离 I/O 电缆接口?

答:防止高频信号耦合到电缆上,形成共模电压(电流),产生较强的共模辐射。

49. 在数字电路的线路板上安装电源解耦电容时要注意什么问题?

答:解耦电容与芯片电源引脚和地线引脚形成的回路面积要尽量小。

50. 两个屏蔽机箱之间的互联电缆是辐射的主要原因,为了减小电缆的辐射,往往使用屏蔽电缆。屏蔽电缆要有效地抑制其电磁辐射必须满足什么条件?

答:电缆的屏蔽层与屏蔽机箱之间 360°搭接,使其满足哑铃模型的要求。

51. 铁氧体磁环是抑制电缆共模辐射的有效器件,在使用时要注意什么问题?

答:首先要选择抑制电磁干扰用的铁氧体材料,其次,磁环的内径要尽量小,紧紧包住电缆,铁氧体磁环的外径和长度尽量大(在满足空间要求的条件下)。将电缆在磁环上绕多匝,可以提高低频的效果,但高频的效果会变差。铁氧体磁环的安装位置要靠近电缆的两端。

52. 使用双绞线提高对磁场的抗扰度时,要注意什么问题?

答：双绞线两端所连接的电路不能同时接地，为信号回流提供第二条路径，最好是平衡电路。

53. 如果电感性负载的通断是由机械开关控制的，那么当开关闭合或断开时，会在开关触点上产生电弧放电和电磁干扰。这种干扰是开关闭合时严重，还是断开时严重？

答：断开时严重。

54. 瞬态干扰抑制器件为什么不能代替滤波器，防止电路工作异常？

答：瞬态干扰抑制器件只是将幅度很高的脉冲电压顶部削去，残留的仍是一个脉冲干扰电压，只是幅度低些，其中包含了大量的高频成分，会对电路造成影响，因此不能代替滤波器防止电路工作异常。

55. 安装瞬态抑制器件时，要注意什么问题？

答：保证流过瞬态抑制器件的电流路径具有最小的阻抗，因此这个路径上的导线要尽量短，旁路电容的安装原则同样适合于瞬态抑制器件的安装。

56. 描述静电放电对电路造成影响的机理。

答：双绞静电放电对电路造成的影响有两个机理，一个是静电放电电流直接流进电路，对电路的工作，乃至损坏电路硬件；另一个是静电放电路径附近产生很强的电磁场，对电路造成影响。

57. 为什么当机箱不是连续导电时，在做静电放电试验时往往会出问题？

答：当机箱上有导电不连续点时，会迫使电流寻找另外的泄放路径，这条路径也可能是电路本身，从而使静电放电电流流进电路，产生不良影响；另外，当静电放电电流流过导电不连续点时，会在这个局部产生较强的电磁辐射，对电路的正常工作产生影响。

58. 为什么一个设备如果抗射频干扰能力强，则一般抗静电放电能力也强？

答：因为静电放电产生的也是一种高频电磁场



医课汇
公众号
专业医疗器械资讯平台
WECHAT OF
HLONGMED



hlongmed.com
医疗器械咨询服务
MEDICAL DEVICE
CONSULTING
SERVICES



医课培训平台
医疗器械任职培训
WEB TRAINING
CENTER



医械宝
医疗器械知识平台
KNOWLEDG
ECENTEROF
MEDICAL DEVICE



MDCPP.COM
医械云专业平台
KNOWLEDG
ECENTEROF MEDICAL
DEVICE