科 目：电磁兼容理论

班 级：1701

学 号：20178210

姓 名：陈若愚

时 间：2020.06.13

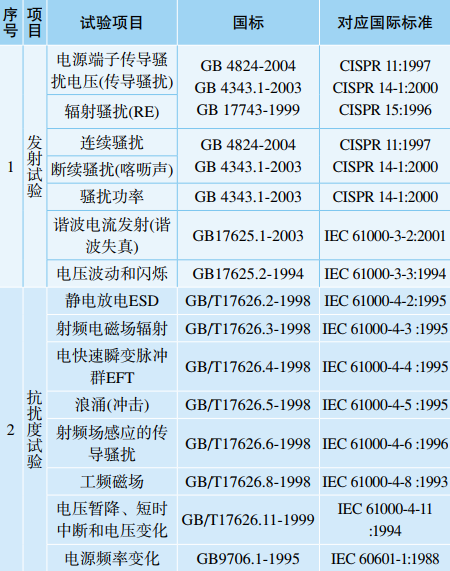
1. 简述对电磁兼容的理解以及应用领域，并针对你感兴趣的一个领域阐述自己的见解。(500字以内)

①电磁兼容**[1]**：有限的空间、时间和频谱资源等条件下，各种用电设备（包括生物体）可以共存，且设备或系统在其电磁环境正常工作时，不会致使其它的用电设备或系统不能在其承受干扰的范围内工作，电磁兼容对设备的要求：自身工作不产生超过规定限制的电磁，且本身要求有抗电磁干扰能力。

②应用领域，包括但不限于：航空和航天技术、卫星技术、无线电通信技术、电力传输技术、家用仪器、现代医疗器械，汽车电子等**[1][2]**。

③在现代医疗器械领域：电子科技的飞跃发展，现代医疗仪器，如超声波图像等，依赖于电子设备。高水平的医疗往往离不开多种医疗器械相互配合，如救急手术需要用输氧仪器等等。而因为电子设备本身的电磁干扰性的存在，因此电磁兼容在医疗器械领域非常重要。医疗器械产品电磁兼容性测试主要包括两大块，一个是自身的电磁辐射量，另一个是自身的抗干扰能力，我国对医疗器械的测试标准如表1所示。

表1 电磁兼容性实验项目与对应标准[3]



目前医疗器械设备中主要问题集中于：传导干扰、辐射干扰、静电干扰、射频干扰、冲击干扰等等**[4]**。针对这些电磁干扰，医疗器械主要的改进措施包括：金属外壳屏蔽干扰、非金属外壳屏蔽干扰、电源滤波器消除射频干扰、信号传输线改进，例如增加磁珠消除射频干扰**[4]**。总结，增强医疗器械的电磁兼容性的因素，包括但不限于：机械结构、滤波器电路、生成材料、附件等等。

1. 电磁干扰的三要素是什么？常见的自然干扰源和人为干扰源有哪些？

电磁兼容性的研究是围绕构成电磁干扰的三要素：电磁干扰源、干扰耦合途径和敏感设备进行的**[1]**。

自然干扰源：自然干扰源分两大类，大气干扰和宇宙干扰**[5]**，常见的大气干扰有大气雷电，沙尘暴等等；宇宙干扰有太阳雀斑、太阳黑子，太阳风等太阳活动，以及各种宇宙射线等。

人为干扰源：人为干扰源可以分为两类，一类是非功能性干扰源，如电源线，电力线，旋转机械，点火系统等等，另一类是功能性干扰源，如雷达，通信装置，用电器等等。

1. 如果将战斗机作为一个设备或系统，其正常使用中受到的电磁干扰主要有哪些(至少列举三种)？采取哪些措施可以抑制这些电磁干扰？
   1. 气候的干扰，如雷电天气，沙尘暴天气都有可能对战机产生电磁干扰。为了最大限度避免危险，配置包括机载雷暴预报系统和地面指引系统，它能告知机组人员前方的天气变化，让机组人员有充分时间作好预防措施或远离雷暴云带等恶劣天气**[6]**。此外，如果恶劣天气非常突然，战机也应拥有防雷等功能，主要措施为将雷击的电荷再次释放到大气层中，这对飞机可承受感应电压有要求，如机型，机长等**[8]**。
   2. 战机内部电子仪器之间的通信，或战机与地面指挥部的通信联系，可能产生电磁干扰，即繁多的通信设备**[7]**。主要干扰途径为：发射机之间的耦合，发射机与接收机之间的耦合，接收机之间的耦合。主要采取措施有电性能分隔：通过串接一个环形器或者同轴腔体滤波器，滤除干扰信号；空间分隔：战机上各种通信设备应合理布局，尽可能得到最大空间隔离度，使干扰降至最低；频率分隔：通过统计处理导出其规律，规定各频段发射机的最小工作频率间隔，保证各个设备间同时兼容工作；时间分隔：必要时采取分时使用的方式，如敌我识别系统的工作**[7]**。
   3. 航空电子设备之间的电磁兼容性，如机载雷达对战机内部的电磁干扰，电子设备电缆之间的电磁干扰等。这里除了在通信电路上需要串联滤波器，还要在空间布局等方面做处理，例如雷达总是放在机头，尽可能在空间上避免与电子设备间的电磁干扰，同时电缆的布线按照一定的规则**[9]**，防止过多电缆缠在一起产生电磁感应信号干扰通信设备。
   4. 战机机炮开火或发射导弹时，由于机械摩擦或者点火系统，可能产生大量电荷，从而导致干扰战机内部通信设备。这里除了内部的通信设备需要用滤波器去除射频干扰外，还需要采取屏蔽措施。为了能达到屏蔽措施，一方面要对空释放产生的静电，另一方面对战机外壳的封闭程度有要求，能构成金属外壳防止电磁干扰，这对战机外形，材料，加工精度有极高的要求。
   5. 敌方电子对抗发射大幅度信号干扰战机，目前没有太多文献记载战机如何在电子干扰时降低干扰，可以主动避免大规模电子干扰，主要可用方法红外与烟雾干扰**[10]**，让地方雷达误判或未发现战机，使干扰源远离战机。或者提高战机的隐身性能，防止地方雷达监控到，也可以必要时关闭一些敏感设备，防止严重的干扰现象。
2. 安全接地和信号接地的区别有哪些？它们的目的是什么？

区别：1. 安全接地是保障人身安全和用电设备安全，信号接地保障设备稳定可靠的工作； 2. 安全接地是采用低阻抗的导体将用电设备的外壳接到大地上，使操作人员不因外壳漏电而触发危险，信号接地是系统在某个选定点与某个电位基准面之间建立一条低阻抗的导电通路；3. 安全接地针对的对象主要包括强电压、强电流、防雷击等，而信号接地既可以针对高频，也可以针对低频电路，既可以针对强电，也可以针对弱电，包括模拟电路和数字电路。

安全接地的目的是为了使设备与大地有一条低阻抗的电流通路，防止雷电放电而造成设施破坏和人身伤亡。保障人身和设备安全，防止电气装置绝缘损坏时外壳可能带电，人触及会有电击危险；系统运行需要，如交流电力系统的中性点接地、直流系统中的电源正极或中点接地。

信号接地的目的是为设备、系统内部各种电路的信号电压提供一个零电位的公共参考点或面，使电子设备工作时有一个统一的参考电位，避免有害电磁场的干扰，使电子设备稳定可靠的工作。

1. 舰载雷达主要有哪些，试分析如何对舰载的不同雷达之间进行电磁兼容的有效措施。

按战术用途分类**[11]**，舰载雷达包括警戒雷达，导弹制导雷达，炮瞄雷达，鱼雷攻击雷达，航海雷达，舰载机引导雷达，着舰雷达。

如果按照舰船用途来分类**[12]**，舰载雷达包括海军火控雷达，VTS和Coaster监视雷达，小型船舶雷达，商用/商船导航雷达，高频超视距(HF OTH)雷达，调频连续波(FM-CW)雷达，电子扫描相控阵雷达，简单的脉冲雷达和3D雷达。

电磁兼容对舰船非常重要，当前舰船电磁兼容控制研究包含的主要内容有:舰船电磁干扰控制技(战)术方法研究,尽可能消除干扰;对于不可避免的危害, 如何通过组织措施减少危害**[13]**。因此，从舰船电磁兼容控制的方法上讨论，可以从以下方面入手**[1] [13]**：

1. 传输通道抑制：电磁干扰(EM I)产生的三要素：干扰源、传输途径、干扰接受器,其中传输途径又分导线等“路”的传输和辐射形式“场”的传输 。克服“传导”的方法采用滤波器,只允许有用的信号通过;克服“场”形式的干扰可采用屏蔽。如某型舰载对空警戒雷达通过加装滤波器 ,减少其对某数据链通信带来的干扰影响。
2. 空间分离：对舰船来说,可以通过划分舰船警戒区,对搜索雷达工作扇面进行划分控制;对雷达、无线电通信设备分层设置, 防止其主波束相互照射。雷达天线的布置,既考虑到雷达之间的主波束不能互相直射,又考虑到武器的使用范围。
3. 时间分隔：例如某俄制主战飞机、海军新型舰载电磁兼容管理设备均采用对主要射频设备工作时间分隔, 解决同频干扰。某俄制主战飞机的超短波数传天线和超短波话音电台天线分别位于左右垂尾,两部天线频段相同,距离较近,在同一频段工作时采用相互闭锁的时间隔离方式保持兼容。
4. 频率管理：科学规范各设备工作频率 ,各设备严格按指定频率工作。频率管理实际上是电磁频率使用的规划、分配、使用、研究和开发等一系列措施的总和。目的是为了规范各电磁设备的频率以及电磁兼容技术指标,保证设备的正常使用。
5. 体制分割：采用多种体制和新体制通信,如扩频通信、码分多址、时分多址、空分多址等新技术。它是反干扰、反侦察、反摧毁的主要技术措施,目的是提高设备的抗干扰和抗截获能力。
6. 电气隔离：使用机械耦合、电磁耦合、光电耦合等传输方式减少电流传输过程中造成的干扰。

此外, 在技术方面 ,还可以通过减少雷达副瓣辐射 、提高无线电通信设备 (短波、超短波电台 )的方向性、提高设备抗干扰能力 (如对杂波抑制能力)、注意舰艇的外形设计 , 降低二次辐射能力等几个方面着手解决舰船电磁干扰问题。

上述为解决电磁兼容问题方法的切入点，具体措施可分以下几点**[13]**：

1. 充分发挥舰船电磁兼容管理设备功效：为有效控制与解决我海军新型舰船电磁兼容问题,目前新型驱护舰装备有某所研制的电磁兼容管理系统,它与新型舰载作战指挥系统相连,采用分时管理使用的办法,解决舰船单舰系统级同频干扰问题。舰长指挥桌设有电磁兼容管理系统开关,对全舰电子设备及电磁环境进行集中的电磁兼容管理。作战指挥大屏幕可以显示本舰主要电磁设备结点的开/关机状态,或者雷达是/否加高压,以及卫通处于干扰状态或电磁兼容管理状态等。当电磁兼容管理系统工作时,本舰电子侦察系统不接收本舰辐射的电磁信号。维护和使用好电磁兼容管理设备对舰船电子战等重大作战行动有着重要意义。
2. 加强舰船电磁辐射控制与科学管理：控制舰船电磁辐射,必须坚决贯彻落实战斗条例。在电子对抗条例中,规定了部队在电子防御计划中应包括电磁兼容的措施和要求。目的是降低电子信息系统设备的无意辐射、防止相互干扰和被敌侦测。要科学构建频谱管理系统,以代替人工管理,并在规定范围内,科学合理使用频谱资源。科学的频谱管理将减少舰船系统之间的干扰可能性,会对舰船的辐射特征更好地控制,降低易探测性以及最大程度地提高武器系统的效能。
3. 实施全过程管理,完善教育和训练：通过对现役舰船电磁兼容情况的抽查发现,随着装备老化,装备的电磁兼容性也发生了变化。舰船电磁兼容性下降,除了设备老化、磨损等原因外,还有一个重要原因就是装备的日常使用和维护不当。例如, 接地不当会引入电磁干扰,而正确的接地可以消除电磁干扰。
4. 如何对陆基战略预警雷达做好安全接地措施。

陆基战略预警雷达体积庞大，阵面高度相当于十余层高楼,部分陆基战略预警雷达处于高山之中，例如中国的7010陆基战略预警雷达。而雷达天线孔径、发射功率很大，雷达探测距离也非常远，同时雷达工作时因产生大量的电磁波也非常容易遭受雷击，因此需要对雷达进行安全接地。

安全接地就是采用低阻抗的导体将用电设备的外壳接到大地上，目的是防止雷电放电而造成设施破坏和人身伤亡，具体方法如下**[1]**：

1. 设备安全接地：为了人、机安全，任何高压电气设备、电子设备的机壳、底座均需要安全接地，以避免高电压直接接触设备外壳，或者避免由于设备内部绝缘损坏而造成漏电打火使机壳带电。
2. 接零保护接地：用电设备通常采用220V（单相三线制）或者380V（三相四线制）电源提供电力，设备的金属外壳除了正常接地外，还应与电网零线相连接，成为接零保护。防止漏电时，接地线中电流过大，可能对人造成伤害。
3. 防雷接地：将建筑物等设施和用电设备的外壳与大地连接，将雷电电流引入大地，从而保护设施、设备和人身安全，使之避免雷击，同时避免雷击电流窜入信号接地系统，影响用电设备的正常工作。防雷接地是一项专门技术。

而陆基战略预警雷达最重要的措施应该是防雷接地，因为其自身产生大量的电磁波可能吸引雷电，因此这里具体地总结了雷达站防雷保护的几条措施**[14]**：

1. 天线的防雷保护实施：如果想保证天线塔完全不受直击雷在实际操作施工时是不现实的，因此，一般按照99.90%的概率覆盖设计；为了在实际使用中达到有效的保护效果，必须要求在初步设计中对避雷针的防护范围和高度设计的合理性进行数据采样和评估分析。
2. 输入输出电线、线缆的防雷保护与实施：铺设避雷网、采用圆钢铺避雷带、增设一条铜带为雷电流专用引下线接入地下，从而保证大电流发生时可以快速的泄入地面。
3. 供电系统的防雷保护与实施：通常采用三级防雷保护；市电控制柜输入部分选高性能避雷器为一级防护，在UPS端增设防雷过压保护器为二级防护，在机房内重要设备端安装防浪涌过压保护器为三级防护。通过三级防护设置，保证供电设备在雷电期间不至中断，从而影响运行安全。
4. 雷达站信息传输网的防雷保护实施：针对电子信息设备受到的不同干扰均采用屏蔽线缆，线缆屏蔽的有效性可很好的降低同等瞬变电磁环境中的耦合信号，将所有信息传输网线缆均做等电位处理。室内信号线沿桥架和金属线槽分开敷设，并做好电气连接和相关保护措施。
5. 雷电站机房等电位连接保护及实施：雷达机房内安置有总接地汇流板和分接地汇流板，使用规格不低于25\*3m的铜排或多股铜缆热焊端接，房内等电位连接使用M网方法，各种接地均以最短距离连接至等电位连接带上，从而可防止电势差对设备的损坏。
6. 雷达天馈和低频信号的防雷设计及实施：二次雷达属于大功率设备，和、差等的射频馈线较长，通过在塔内进行屏蔽金属线，对传输的微波链路在两端加设避雷器，其他弱电信号除屏蔽外还接入匹配的SPD装置。
7. 简述信号接地及其分类。

信号接地的是为设备、系统内部各种电路的信号电压提供一个零电位的公共参考点或面。对于电子设备，将其底座或者外壳接地，除了能提供安全接地外，更重要的是在电子设备内部提供一个作为电位基准的导体，以保证设备工作稳定，抑制电磁骚扰。信号接地的连接对象是种类繁多的电路，因此信号地线的接地方式也是多种多样的。复杂系统中，既有高频信号，又有低频信号；既有强电电路，又有弱电电路；既有模拟电路，又有数字电路；既有频繁开关动作，又有敏感度极高的弱信号装置。通常将所有电路按信号特性分成四类，分别接地，形成四个独立的接地系统，每个系统可能采用不同的接地方式，四个独立的接地系统，第一类接地系统是敏感信号和小信号电路的接地系统，应避免混杂于其他电路中；第二类是非敏感信号或大信号电路的接地系统，必须将其接地导线于小信号接地导线分开；第三类是骚扰源器件、设备的接地系统，需要将其接地导线与其他电子电路的接地导线分开设置；第四类是金属构件的接地系统，作用是保证人身安全和设备工作稳定。

电路、设备的接地方式有单点接地、多点接地、混合接地和悬浮接地：

单点接地：只有一个接地点，所有电路、设备的地线都必须连接到这一接地点上。这一点作为电路、设备的零电位参考点，包括共用地线串联一点接地和独立地线并联一点接地。适用于低频，一般来说频率在1MHz以下可采用一点接地方式。可分共用地线串联一点接地或者独立地线并联一点接地。

多点接地：多点接地是指某一个系统中各个需要接地的电路、设备都直接接到距它最近的接地平面上，以使接地线的长度最短。适用于高频，一般来说频率高于10MHz应采用多点接地方式。

混合接地：所谓混合接地，就是使用串联电容器将那些只需高频接地的电路、设备和接地平面连接起来。一般来说频率在1~10MHz之间可以采用混合接地，适用于宽频带的电路，不过需要避免所使用的电容器与引线电感发生谐振。混合接地的应该更普遍。

悬浮接地：悬浮接地就是将电路、设备的信号接地系统与安全接地系统、结构地及其他导电物体隔离，可以避免安全接地回路中存在的干扰电流影响信号接地回路，但是一般不采用悬浮接地的方式。

参考文献：

[1]. 路宏敏, 余志勇, 李万玉. 工程电磁兼容[M]. 2010.

[2]. 乔峰, 官辉, 黄煜, et al. 电磁兼容整改对医疗器械电气安全的影响[J]. 医疗卫生装备, 2019(10).

[3]. 张保运. 电磁兼容性(EMC)在医疗器械产品中的应用[J]. 中国医疗器械信息(9):25-29+61.

[4]. 林涛.医疗仪器EMC测试主要问题及整改方法[J].中国医疗器械信息,2019,25(23):17-19.

[5]. 张厚. 电磁兼容原理[M]. 西北工业大学出版社, 2009.

[6]. <https://www.sohu.com/a/156299537_395941>

[7]. 刘志春. 在大型飞机上解决通信系统电磁兼容性问题的几种措施[J]. 航空电子技术, 1994(第4期):35-41.

[8]. 郭勇. 飞行器雷电直接、间接效应试验研究[D]. 电子科技大学, 2007.

[9]. <https://wenku.baidu.com/view/4a66d18cc281e53a5802ffcc.html>

[10]. 马野,贾春. 舰载防空武器系统协同使用的电磁兼容性分析[J]. 现代防御技术(6):45-47.

[11].<https://baike.baidu.com/item/%E8%88%B0%E8%BD%BD%E9%9B%B7%E8%BE%BE>

[12]. <http://lidarradar.com/info/types-of-radars-used-in-ships>

[13]. 毕季明, 黄小华. 海军舰船电磁兼容控制技术与措施[J]. 舰船电子工程, 2007(02):14+215-217.

[14]. 张得力. 雷达站防雷接地综合设计及实施探讨[J]. 电子世界, 2018, 000(022):188-189.