

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2010.07.018

指挥信息系统的电磁防护

肖业云¹, 马国华², 单晓泉¹

(1. 解放军炮兵学院 研究生系, 安徽 合肥 230031;
2. 中国人民解放军 65657 部队 司令部, 内蒙古 赤峰 024000)

摘要: 为提高指挥信息系统的战场生存能力, 研究指挥信息系统的电磁泄漏特性, 指出其存在的安全隐患, 分析在指挥信息系统中可能存在电磁泄漏的环节和途径, 提出降低指挥信息系统电磁泄漏的 5 种方法: 辐射控制法、电磁屏蔽法、噪声干扰法、加密方法和主动防御法。

关键词: 指挥信息系统; 电磁泄漏; 电磁防护

中图分类号: C931.9; TP393.08 **文献标识码:** A

Electromagnetism Shield of C⁴ISR

Xiao Yeyun¹, Ma Guohua², Shan Xiaoquan¹

(1. Dept. of Postgraduate, Artillery Academy of PLA, Hefei 230031, China;
2. Command Headquarter, No. 65657 Unit of PLA, Chifeng 024000, China)

Abstract: For improving the viability of the C⁴ISR, research the electromagnetism leak characteristic of the system, introduce its safety hazard, and analyze the places and approaches of electromagnetism leak in C⁴ISR. And introduce the five methods for reducing electromagnetism leak: radiate control, shield of electromagnetism, noise disturb, encrypt, initiative recovery and so on.

Keywords: C⁴ISR; electromagnetism leak; electromagnetism shield

0 引言

用高灵敏度的仪器截获指挥信息系统泄漏的信息准确、可靠、及时、连续, 而且隐蔽性好, 不易被察觉, 因此, 利用指挥信息系统的电磁泄漏窃取信息是敌截获信息、实施信息进攻的重要途径。由于指挥信息系统中的各种电子设备在工作时向外辐射电磁波而造成信息的泄漏, 使指挥信息系统的安全面临严峻的威胁, 防电磁泄漏已成为关乎指挥信息系统生存的一个重要环节。

1 指挥信息系统的电磁泄漏特性

指挥信息系统的信息, 可以通过 2 种方式泄漏: 一种是以电磁波的形式辐射, 称为辐射泄漏; 另一种是通过各种线路和金属管道传导, 称为传导泄漏, 往往传导泄漏也同时伴随着辐射泄漏。

1.1 辐射场特性

系统设备中的部分部件可以构成辐射单元, 这些部件可以认为是由各种尺寸的电振子、电流环组成的。对 1 000 MHz 以下的频段, 又可以近似认为是由各种电偶极子、磁偶极子组成的。设电路中有一长度为 dl 的电流源, 将其等效为电偶极子进行场的分析, 通过该电路的电流为 I , 则电偶极子场总

辐射功率为:

$$P = \frac{Z_0 k^2 (Idl)^2}{12\pi} \quad (1)$$

其中, Z_0 为真空中的阻抗, $Z_0 = 120\pi$, $k = 2\pi/\lambda$, I 为流过电偶极子的电流; dl 为电偶极子的长度; λ 为波长。将 Z_0 代入式 (1) 中得:

$$P = 40\pi^2 I^2 \left(\frac{dl}{\lambda}\right)^2 \quad (2)$$

将总辐射功率等效为一个电阻 (辐射电阻) R_r 吸收的功率, 则有:

$$P = \frac{1}{2} I^2 R_r \quad (3)$$

$$R_r = 80\pi^2 \left(\frac{dl}{\lambda}\right)^2 \quad (4)$$

辐射电阻越大, 其辐射能力越大; dl/λ 的值越大, 辐射能力越大, 即频率越高, 辐射能力越强。这就是高频辐射能力强的原因。要抑制辐射泄漏, 可以减小辐射电流强度或减小辐射电阻, 或尽量降低辐射电磁波的频率。

在指挥信息系统中, 一个直径远小于波长的电流环可看成是一个磁偶极子。一个磁偶极子所产生的总辐射功率为:

$$P = \frac{Z_0 k^4 (I\Delta S)^2}{12\pi} \quad (5)$$

收稿日期: 2010-01-16; 修回日期: 2010-03-16

作者简介: 肖业云 (1981-), 男, 湖南人, 博士, 从事信息作战指挥与作战指挥自动化研究。

其中, ΔS 为电流环面积, a 为电流环半径。
 $\Delta S = \pi a^2$, 将 ΔS 代入, 即:

$$P = 160\pi^6 \left(\frac{a}{\lambda}\right)^4 I^2 \quad (6)$$

其辐射电阻为:

$$R_r = 320\pi^6 \left(\frac{a}{\lambda}\right)^4 \quad (7)$$

对于同样线长度的电偶极子和磁偶极子, 即 $dl = 2a$, 在电流 I 相同的情况下, 磁偶极子的辐射能量比电偶极子的辐射能量大。

1.2 传导场特性

差模传导是信号电流在传输线及其回流线(信号地)构成的环路中流动所产生的。差模传导的预测可采用小环天线模型, 这时最大传导方向上的电场强度为:

$$E = 131.6 \times 10^{-16} \frac{f^2 AI}{r} \quad (8)$$

式中, f 为传导电流频率; A 为环路面积; I 为信号电流强度; r 为观测点距辐射源的距离。由于差模电流都是电路工作所需要的电流, 其流向、频率、强度等均为已知量, 在设计中可以采取各种措施使差模传导降到最低。由式(8)可以看出减小差模传导的方法: 首先, 在线路设计上应尽量减小信号电流和工作频率, 但这两个参数往往要受到系统性能的制约。减小电流的有效途径是选用低功耗电路和适当增加缓冲器, 采用缓冲器可使传导泄漏降低 3/4 左右(约减少 12 dB), 实际设计中应考虑缓冲器的延时影响。降低频率的有效途径是减小脉冲信号的高次谐波, 其方法有二: 一是选用低速器件; 二是使用适当截止频率的低通滤波器。

共模传导是由信号在传输线与大地构成的环路中的共模电流所产生的。共模电流不是电路工作所需要的, 而是由于设计不当伴随产生的, 因此其预测十分困难。这时, 最大传导方向上的电场强度为:

$$E = 12.6 \times 10^{-7} \frac{f^2 LI}{r} \quad (9)$$

式中, f 为共模电流的频率; L 为线缆长度; I 为共模电流的强度; r 为观测点距传导源的距离。抑制共模传导的有效方法是减小共模电流 I 。当共模电流环路阻抗较低时, 使用共模扼流圈能取得明显效果, 但当共模电流环路阻抗较高时, 共模扼流圈则无明显作用。在这种情况下, 只有改善屏蔽和滤波。抑制共模辐射的屏蔽和滤波所使用的地线必须十分干净, 否则反而可能加大传导泄漏。

指挥信息系统中的传导泄漏可能有 2 种基本模

式: 共模泄漏和差模泄漏, 或者是 2 种模式的混合。

2 指挥信息系统电磁泄漏的基本途径

2.1 各类设备电路板的电磁泄漏

指挥信息系统中各类电子设备的电路板 PCB 是电磁辐射的基本辐射源, 各种高频信号经过 PCB 板上的走线和元器件后, 以耦合、传导、辐射等方式, 向外发射电磁波, 其辐射强度正比于辐射单元长度、面积和单元上的电压、电流。

2.2 显示设备的电磁泄漏

显示系统由于串行数据的存在、信息的帧相关性及显示器的放大作用, 因此更容易产生泄漏发射。在视频显示器这种数字电路中, 辐射场强含有 2 种不同成份: 一种是数字时钟电路的窄带谐波, 这类辐射频谱带有一定的周期性, 是分立频谱; 另一种是数字化信息辐射信号, 其频谱是窄带谐波与宽带谐波的叠加, 没有周期性。

2.3 一般接口电缆的电磁泄漏

在指挥信息系统中, 除了各部件本身会产生电磁辐射外, 各部件接口之间的连接电缆也会产生电磁辐射和信息泄漏。并且由于连接电缆驱动电流大、连线长、暴露多、信息量大, 且数据是串行传输的, 它的辐射与泄漏问题更为严重, 其中, 视频电缆是最容易产生电磁辐射和信息泄漏的泄漏源。

2.4 无线发射装置的电磁泄漏

随着战争节奏的加快, 指挥信息系统各要素之间的联络不得不更多地采用无线电通信方式。只要无线发射装置开始工作, 其辐射出的电磁波非常容易被敌电子侦察分队或反辐射火器侦测到, 进而暴露信源位置, 遭敌电子干扰或火力摧毁, 这给指挥信息系统的战场生存带来了严重的威胁。

3 指挥信息系统电磁泄漏的防护方法

3.1 辐射控制法

辐射控制是在作战准备和作战过程中, 将己方有关设备的电磁辐射时间、强度和范围控制在完成任务所需的最低限度, 以防止或减少敌对我电磁设备的侦察和使用反辐射火器的摧毁。主要措施包括:

- 1) 严格控制电磁信息的传递数量, 简化文电, 压缩通信联络的时间;
- 2) 合理使用电子设备, 如使用窄波束天线来缩小电波辐射空间;
- 3) 正确配置发射设备, 使电磁辐射方向尽量避开敌方侦察截获信号方向, 并利用地形地物掩蔽;
- 4) 控制发信时机,

并在必要时实施无线电静默;5)改进电磁辐射部件结构,降低电磁泄漏源的发射强度,对设备内部产生和运行串行数据信息的部件、线路和区域采取电磁辐射发射抑制措施和传导发射滤波措施,并视需要在此基础上采取整体电磁屏蔽措施,减小全部或部分频段信号的传导和辐射发射。对电源线和信号传输线则采取接口滤波和线路屏蔽等技术措施,最大限度地达到抑制电磁信息泄漏源发射的目的。

3.2 电磁屏蔽法

屏蔽技术的原理是使用导电性能良好的金属网或金属板造成的屏蔽室或屏蔽笼,将产生电磁辐射的指挥信息系统设备包围起来并且良好接地,抑制和阻挡电磁波在空中传播。

1) 整体屏蔽,就是利用金属壳将整个设备或系统屏蔽起来,达到一定的屏蔽效果,必要时可采用多重屏蔽。例如,对于方舱式的指挥信息系统,对指挥方舱可进行严密屏蔽包裹。

2) 防泄漏外套管,用于系统各要素之间连线的屏蔽,对电磁辐射、电磁干扰、周围环境实现密封,可实现 100 dB 甚至更高的屏蔽效果。

3) 导电涂层,主要用途是通过金属化涂敷的方法在非导电材料表面上构成一层完整的导电层,以达到对电磁波的吸收和屏蔽目的。

3.3 噪声干扰法

噪声干扰法是在信道上增加噪声,从而降低窃收系统的信噪比,使其难以将泄漏信息还原。噪声源的选择可利用相关原理与被保护信号内容相关,通过不同技术途径实现与计算机视频等终端设备的信息相关、谱相关、行场频(同步)相关,并产生宽带的相关干扰信号,不仅在信噪比上实施保护,而且从信号相关性上有效地防止信息泄漏。

1) 自噪声干扰器。能发出频带较宽、幅度较大的自噪声,将电磁辐射信号在幅度和频谱上淹没,从而使接收方接收到的信噪比大大降低,起到阻碍和干扰接收的作用。

2) 行频相关干扰器。干扰信号是伪随机信号,它提取系统的行频信号用于控制伪随机序列发生器的某些因素。伪随机信号的性质与自噪声很接近,其本质也是噪声,这种方法增加了提取计算机视频信息的难度。

3) 空间伴随加密干扰器。采用真正与计算机视频信息相关的技术,可产生与视频信号同频、同相、相同显示模式的随机字符和与视频信息相关的伪随

机信号,使得窃收方即使采用数字信号处理的相关接收技术也不能够从保护信号中提取还原视频信息,极大地提高了对计算机信息的保护性,并且其辐射强度较低,减小了对其他电子设备的干扰。

3.4 加密方法

1) 数据加密。在终端与主机之间以及各终端之间的数据传输和交换过程中实现数据加密,在用户终端再把加密数据还原成。这种技术方法在计算机网络内传输和交换过程中,可确保数据信息的保密与安全,即使有电磁辐射,也很难利用常规方法进行窃收和破译,从而达到防信息泄漏的目的。

2) 视频显示加密。通过改变视频显示方式可以实现对视频信息的加密,这样,即使泄漏信号被接收到,但并不能从中获取可读信息,甚至很难确认是否真正接收到了辐射信息。只有知道辐射信息的扫描顺序或者利用复杂的自动译码设备,才有可能对接收到的发射信息进行解译。

3.5 主动防御法

主动防御是指在采取各种技术、战术措施降低电磁泄漏的前提下,积极采用各种手段对抗敌电子侦察与干扰的活动。

1) 采用技术装备侦测敌技术侦察系统的位置,采取释放大功率定向电磁波或投放电子干扰弹实施破坏和干扰,或直接对其硬杀伤;2) 扩大警戒半径,加强区域警卫,与地方党政机关一起,发动人民群众,搞好防奸防特、封锁消息、控制作战区域内敌对分子的活动,使敌无法在电磁泄漏有效区域实施电子侦察。

4 结束语

随着指挥信息系统中电子设备的比重不断提高,所带来的电磁辐射威胁也不断增加,数据传输串行化的趋势使指挥信息系统的电磁信息泄漏问题不会很快消失,指挥信息系统的防电磁信息泄漏研究将受到越来越多的重视。

参考文献:

- [1] 李海泉. 计算机网络安全与加密技术[M]. 北京: 科学出版社, 2001: 15-18.
- [2] 王家礼. 电磁场与电磁波[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2004: 59-67.
- [3] 任富兴. 指挥信息系统[M]. 北京: 解放军出版社, 2008: 217-238.
- [4] 总参谋部. 军事信息系统安全[M]. 北京: 解放军出版社, 2004: 217-238.