

# 浅析涂层型电磁屏蔽室工程施工与应用

张松, 李永, 何魏, 米晨  
(北京市7220信箱, 北京 100072)

**摘要:** 主要阐述了电磁辐射的危害以及针对建筑物实施电磁屏蔽的必要性。根据电磁屏蔽的基本原理, 详细介绍了采用电磁屏蔽涂料对主要建筑物进行电磁屏蔽施工时采取的技术手段, 主要包括建筑物基层、门窗、通风、通电的处理方法。最后, 对涂层型电磁屏蔽室的屏蔽效能测试与后期维护提出具体要求。

**关键词:** 电磁辐射; 电磁屏蔽室; 涂层

**中图分类号:** E920.8; X591      **文献标识码:** A

**文章编号:** 1672-9242(2011)04-0097-03

## Analysis of Construction and Application of Coating-type Electromagnetic Interference Shielding Room

ZHANG Song, LI Yong, HE Wei, MI Chen  
(Beijing P.O. Box 7220, Beijing 100072, China)

**Abstract:** The harm of electromagnetic interference (EMI) and the necessity of electromagnetic shielding for building were introduced. According to the principle of EMI shielding, the technical support for EMI shielding construction when EMI coating is applied on buildings was introduced in details, including the treatment methods of substrate, doors and windows, ventilation and power supply of building. Specific requirements for EMI shielding effectiveness test and post-maintenance for coating-type electromagnetic shielding room were proposed.

**Key words:** electromagnetic interference; electromagnetic interference shielding room; coating

### 1 电磁辐射的危害与防护

研究<sup>[1]</sup>表明, 通常未采用屏蔽处理的计算机在工作时会辐射出带信息的电磁波, 可在数公里外被接收和复现。在现代战争中, 电子战已成为一种十分重要的作战手段, 提高电子战能力, 从而夺取战场电

磁控制权符合未来战争的发展趋势。据报道<sup>[2]</sup>, 1982年英阿马岛海战, 英军的电磁干扰使阿军战机发射的导弹50%偏离目标, 75%的岸基导弹失去攻击目标。1991年海湾战争, 美军对伊军展开大规模的电子战, 很快使伊军的C<sup>3</sup>I系统瘫痪, 取得了战争的主动权。因此有针对性地对重要建筑设施进行电磁防护, 对提高军队信息安全级别与电子设备抗干扰能

收稿日期: 2011-01-25

作者简介: 张松(1965—), 女, 北京密云人, 高级工程师, 主要研究方向为功能涂料。

力具有重要的意义<sup>[3]</sup>。

常规的电磁防护一般采用建造屏蔽室的方法。屏蔽室根据所采用的材料不同分为板材和网材,板材主要是铝板、铜板以及镀锌板等,网材主要是金属铜网。对于板材建造的金属屏蔽室,当频率升高时其屏蔽性能快速增加,但存在施工复杂,需要通风等技术要求。对金属网屏蔽室,当工作频率大于 100 kHz 时,随着频率的增高,金属网屏蔽室的屏蔽效能并不增加,并且单层铜网的屏蔽效能只能达到 40 ~ 50 dB,当需要 100 dB 的屏蔽效能时,还必须采用双层网。其整体的屏蔽效能与网孔直径和双层网之间的距离密切相关。

采用屏蔽涂料,对混凝土建筑物进行涂刷,是提高这些设施电磁屏蔽能力的一种重要手段<sup>[4-6]</sup>。笔者论述了电磁屏蔽涂料对普通建筑设施进行屏蔽施工时应该采取的措施,并对实际施工中的问题提出了相应的建议。

## 2 电磁屏蔽原理

电磁屏蔽主要采用低电阻的导体材料,利用电磁波在导体表面的反射和在导体内部的吸收以及传输过程中的损耗产生屏蔽作用,原理如图 1 所示。通常用屏蔽效果( $Q_{SE}$ )表示,其单位为 dB。

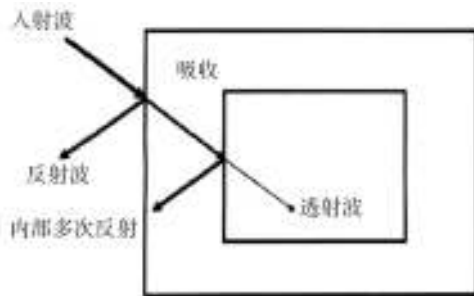


图 1 电磁屏蔽原理

Fig. 1 Electromagnetic shielding mechanism

根据 Schekunoff 电磁屏蔽理论,材料的屏蔽效能分为反射损耗、吸收损耗和多重反射损耗 3 部分。

$$Q_{SE} = Q_R + Q_A + Q_B \quad (1)$$

式中: $Q_R$ 为电磁反射损耗; $Q_A$ 为电磁波吸收损耗; $Q_B$ 为电磁波在屏蔽材料内部多次反射损耗。当  $Q_A > 10$  dB,  $Q_B$  可以忽略不计,式(1)可简写为:

$$Q_{SE} = Q_R + Q_A \quad (2)$$

假定材料为无限大的平面,并假定相对磁导率  $\mu_r$ 、相对电导率  $\alpha_r$  与频率  $f$  无关,式(2)可以近似得到:

$$Q_R = 168 - 10 \lg(\mu_r f / \alpha_r) \quad (3)$$

$$Q_A = 1.31 t \sqrt{f \mu \sigma} \quad (4)$$

式中: $\mu$ 为材料的磁导率,  $\mu = \mu_0 \mu_r$ ,  $\mu_0$ 为真空磁导率; $\sigma$ 为材料的电导率。

由式(4)可知,在电磁波频率一定的情况下,屏蔽效能值随电导率的增加而增大,电磁屏蔽的研究重点就是提高材料的电导率。

## 3 涂层型屏蔽室在建造过程中的关键技术问题

### 3.1 基层处理

采用电磁屏蔽涂料在进行电磁屏蔽室施工时,由于要形成连续封闭的导体,对涂装前的建筑物基层处理很重要。经过前期的工艺摸索,认为在涂刷前应对被涂建筑物进行以下施工处理。

1) 墙面。清除原有墙皮,界面剂一道甩毛(新墙体除外)。用水将墙面润湿,用 7 mm 厚且  $m$ (水泥): $m$ (细沙)=1:3 的水泥砂浆打底扫毛,内加尼龙网格布 1 道、素水泥 1 道,内掺建筑胶。

2) 地面。首先用素土夯实,压实系数  $> 0.9$ ;然后用 100 mm 厚的 C20 豆石混凝土,内掺建筑胶的素水泥 1 道打底;最后用 30 mm 厚且  $m$ (水泥): $m$ (细沙)=1:3 的水泥砂浆压实抹平赶光。

### 3.2 门窗安装

电磁屏蔽室采用装饰型屏蔽门,屏蔽效能达到 GJB 5792—2006 要求的 B 级。安装时,首先在门框墙体内设置 8#槽钢,其平面与内墙面相平,在其表面刷涂屏蔽涂料,在槽钢与墙体接缝处粘导电胶条,将屏蔽门用螺栓固定于槽钢上,中间添加屏蔽衬垫,以增加导电接触。

屏蔽视窗材料为屏蔽玻璃,安装在原窗户的内侧,其分隔尺寸与原窗对应,活动窗内开并采用簧片结构,用拉丝不锈钢装饰窗框。土建框加不锈钢折边(或用冷板折边、电镀处理),窗框角钢加屏蔽衬垫连接。屏蔽窗的屏蔽效能要求达到 GJB 2713—1996 要求的 A 级。

### 3.3 通风处理

为了使得屏蔽室达到预期的屏蔽效能,又能保证良好的房内新风补偿,采用蜂窝状截止新风波导窗,安装时与屏蔽层有良好的电接触,如图2所示。

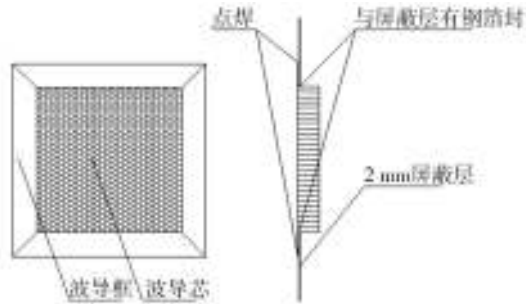


图2 波导通风窗

Fig. 2 Waveguide hopper windows

### 3.4 入户线缆及管线处理

屏蔽室的通电采用高插入低损耗滤波器,频率为100 kHz~30 MHz时插入损耗为60 dB,频率为30 MHz~18 GHz时插入损耗为70 dB。滤波器安装在屏蔽体外墙,性能稳定、可靠,屏蔽指标满足GB 12190—2006中的A级标准。安装如图3所示。

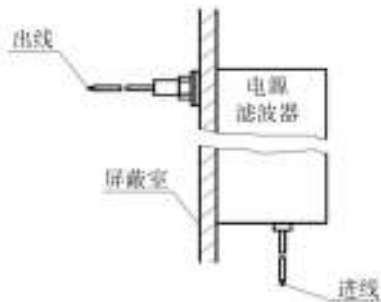


图3 电源滤波器

Fig. 3 Power source filter

### 3.5 涂层型屏蔽室的测试与后期施工

涂层型屏蔽的测试需要在涂层完全干燥后进

行,将频谱分析仪、信号源以及配套振子天线按GB 12190—1990的要求对屏蔽室进行屏蔽效能评估。普通的建筑物在涂刷电磁屏蔽涂料后,屏蔽效能在40 dB以上,表明可以屏蔽掉99%的能量,大大提高了建筑物内电子设备抵抗电磁干扰和防止电磁泄露的能力。屏蔽室的后期装修可以采用涂刷内墙涂料与贴壁纸,应注意在施工过程中对现有涂层的保护。

## 4 结语

针对重要场所的电磁防护已经引起高度重视,但须根据场所对屏蔽效能的不同要求而采用不同的防护手段和措施。金属板屏蔽室适合用在屏蔽效能较高的场合,如C级、D级屏蔽室,其施工工艺复杂、周期长、成本较高。对屏蔽效能要求不高的场所,涂刷电磁屏蔽涂料具有施工简便、造价低的特点,需做好电磁屏蔽门、窗以及通风处理才能保证良好的电磁屏蔽效能。因此,在决定采用何种电磁防护手段时,需根据应用场合、屏蔽要求等条件具体论证。

### 参考文献:

- [1] 赵立华,刘容平. 计算机的电磁泄露及防护技术[J]. 信息网络安全,2002(3):39—40.
- [2] 冯立东,龚旭. 筑起雷达的铜墙铁壁——反辐射导弹对抗技术综述[J]. 国防科技,2004(1):23—26.
- [3] 刘小强,魏光辉,潘晓东,等. 现代战场电磁环境与电磁屏蔽技术[J]. 装备环境工程,2007,4(1):1—3.
- [4] 张松,李永,刘增堂. 水性镍系电磁屏蔽涂料的制备及导电性能研究[J]. 电子元件与材料,2006,25(10):65—67.
- [5] 李永,张松,黄洁,等. 水性镍系内墙电磁屏蔽涂料[J]. 建筑材料学报,2007,10(6):754—757.
- [6] LI Yong, CHEN Chang-xin, ZHANG Song, et al. Electrical Conductivity and Electromagnetic Interference Shielding Characteristics of Multiwalled Carbon Nanotube Filled Polyacrylate Composite Films [J]. Applied Surface Science, 2008, (254):5766—5771.

(上接第7页)

- [2] MALLAT S G, ZHANG Z. Matching Pursuits with Time-Frequency Dictionaries[J]. IEEE Transaction Signal Processing, 1993, 41(12):3397—3415.
- [3] XIA X G, WANG G Y. A Quantitative Signal-to-Noise Ratio

Analysis for ISAR Imaging Using Joint Time-Frequency Analysis-Short Time Fourier Transform[J]. IEEE Transaction On Aerospace and Electronic Systems, 2000, 54(2):397—415.