

# 屏蔽方舱电源/信号孔口及转接壁盒

杨 新,王卓显,梁汉新

(中国电波传播研究所,山东 青岛 266107)

**摘 要:** 由于对方舱屏蔽性能要求越来越高,电源/信号孔口及转接壁盒的设计和安装成为屏蔽方舱设计和加工的关键环节.总结了电源/信号孔口及转接壁盒的功能作用对方舱屏蔽性能的影响,阐述了电源/信号孔口及转接壁盒的设计原则,以及通过结构设计消除间隙增强电连续性以保证方舱屏蔽效能满足要求的方法.方舱屏蔽效能测试和系统电磁兼容试验结果表明,电源/信号孔口及转接壁盒的结构设计满足方舱和系统屏蔽性能要求.

**关键词:** 转接壁盒;屏蔽方舱;屏蔽效能;孔缝泄露

**中图分类号:** TH122;O44

**文献标志码:** A

方舱可在野外环境中使用,它既能对舱内的各种设备进行有效的防护,又能对舱内的工作人员和设备提供良好的工作环境,以使工作人员能舒适地进行工作<sup>[1]</sup>.随着电子技术的迅速发展,越来越多新型的电子设备得以广泛应用,提高了电子设备方舱的生存力和工作能力.但由于电磁环境的日益复杂,电子设备技术水平的不断提高,对已广泛应用于电子系统的方舱的电磁屏蔽要求越来越高.理想的方舱是一个完整的、连续的导体,但由于方舱功能的需要,必然存在门、窗、孔口等孔缝,从而影响方舱的电磁屏蔽效能<sup>[2-5]</sup>.屏蔽方舱通常需要的电源/信号孔口对方舱的屏蔽效能<sup>[6]</sup>有较大影响,电源/信号孔口及转接壁盒的设计和安装成为电子屏蔽方舱设计和加工的关键环节.

## 1 电源/信号孔口及转接壁盒介绍

### 1.1 功能

由于方舱自身及功能需要,方舱需与外界有电源或者信号的输入输出,而屏蔽体内外是不允许直接穿过线缆等导体的,这将影响屏蔽效果<sup>[7]</sup>.为了达到屏蔽要求,方舱主要通过电源转接壁盒为舱内设备接入市电或车下油机供电,并为车下工作的部分设备提供直流或交流电源,电源壁盒通过方舱的电源孔口安装到方舱上;方舱输入输出的信号线缆通过信号转接壁盒与方舱内设备连接,信号转接壁盒通过方舱的信号孔口安装到方舱上.根据方舱设备具体作业和供电方式,部分供电线缆在采取必要的电磁屏蔽措施后可安装在信号转接壁盒上,不仅仅局限安装在电源壁盒上;反之,信号线缆也可以.

### 1.2 对方舱屏蔽性能的影响

方舱的电源/信号孔口及对应的转接壁盒对方舱电子屏蔽效果产生影响,造成系统设备干扰主要有2个方面.1)空间干扰源通过方舱舱体与壁盒之间以及壁盒内部的各种孔缝辐射到方舱内部.理论上,完全封闭金属腔体的屏蔽效能最佳,故电磁屏蔽方舱在设计时应尽量保证做到电连续性,即整体必须是一个封闭电连续的导体<sup>[8]</sup>.由于为电源和信号线缆转接而必需的孔口和壁盒的存在,使方舱的连续导电性遭到破坏,在孔缝处电磁波可以不经过屏蔽体的反射和吸收而直接通过,造成孔缝泄露.2)各种电磁干扰通过电源或信号壁盒转接的电源线、通信接收天线和舱内舱外信息传输互连电缆传导进入到舱内.

收稿日期:2014-12-29

基金项目:国家863计划项目(2014AA7XX3038)

作者简介(通信作者):杨 新(1959-),男,山东五莲人,中国电波传播研究所高级工程师,主要从事电子设备结构总体设计,E-mail:azhuo001@163.com.

## 2 电源/信号孔口及转接壁盒结构设计

### 2.1 设计原则

由文献[9]中从缝隙中泄露出去的电磁场强度的估算公式及电磁场在金属内传播时被金属吸收而得到衰减的估算公式可知,缝隙深而窄,泄露就越少;缝隙越深,衰减量越大,屏蔽效能越好;在缝隙尺寸一定的情况下,频率越高,缝隙泄露的影响就越大,因此,被屏蔽的场频越高,就越要注意减小缝隙。

电源/信号孔口及转接壁盒设计遵循以下原则:

- 1) 结构形式应保证安装维修合理简便;
- 2) 孔口和转接壁盒的设计应尽可能的不破坏方舱内外蒙皮的导电连续性;
- 3) 通过设计使各个结构件之间的缝隙数量最少,并且增加缝隙深度,尽量减小缝隙长度,同时,在缝隙结合面采取措施以进一步消除缝隙、增强电接触性能;
- 4) 为减少线缆传导影响而增加的滤波器的安装设计应符合方舱的屏蔽要求且维修性强。

### 2.2 电源/信号孔口结构设计

一般情况下,方舱舱体上电源/信号孔口开口尺寸不大,但是数量较多,在设计时要加以重视<sup>[10]</sup>。孔口的设置对方舱的屏蔽效能有较大的影响,通常在 6 dB 左右。为保证方舱屏蔽效能的实现,在总体屏蔽方案设计中,应尽可能减少孔口的数量,减小孔口的尺寸且孔口之间应尽可能远距离布置,否则,方舱的泄漏点就会增多,同时磁阻增加,尤其在低频时会显著降低屏蔽效能。在孔口的位置尽量远离方舱的棱边、拐角接缝处,因为凡在棱边、接缝处很难制作成等电位连接,阻抗越大,屏蔽效能越低。孔口的位置还应保证孔口到舱内设备的连线尽可能短,以减少线缆的电磁泄漏和所受到的干扰<sup>[11]</sup>。

为满足转接壁盒的安装和维修要求,电源孔口处安装由特制铝合金型材连续焊接而成的孔口框,孔口框表面进行导电涂覆处理,与外蒙皮铆接并在边沿采取连续钎焊,既可以对方舱舱壁开口处进行密封并增加舱壁开口处强度,又可以增强屏蔽方舱外蒙皮的导电连续性。方舱外壁对应孔口处安装密封孔口门,可随时根据工作需要打开孔口门连接市电缆、油机线缆或其它接入线缆。

信号孔口处四周加入铝方管和木板铆接在一起的层合梁<sup>[12]</sup>,铝方管表面导电涂覆处理且与外蒙皮紧密压接以增强屏蔽方舱外蒙皮的导电连续性,同时在内部拉铆钢板加强件增加舱壁开口处强度并对方舱舱壁开口处进行密封。

### 2.3 电源转接壁盒结构设计

电源转接壁盒由电源装置、转接法兰和加强压板组成,转接壁盒通过转接法兰和加强板用螺钉与孔口框连接在一起,其结构组成及与电源孔口连接示意图见图 1。

电源装置主要结构是铝板拼接而成的箱体及面板,内部装有电源转接模块、滤波器、防雷模块及电气接插件等。为保证电源装置整体的电连续性,组成箱体的铝板均进行表面导电涂覆处理,并保证拼接面的平整度且各拼接面不喷漆。

转接法兰通过折弯拼接而成,并进行表面导电涂覆处理,在其与电源装置面板和孔口框的连接处安装粘贴电磁屏蔽衬垫<sup>[13]</sup>,利用电磁屏蔽衬垫的高弹性性能,消除连接面之间的缝隙,达到良好的电接触,从而实现高电磁屏蔽性能。

转接法兰与孔口框、电源装置面板与转接法兰用 M5 螺钉连接,螺钉间距不大于 30 mm。

### 2.4 信号转接壁盒结构设计

如图 2 所示,信号转接壁盒由转接面板、壁盒门以及壁盒箱体组成。

转接面板进行表面导电涂覆处理以保证电连续性。由信号转接壁盒进出方舱的线缆通过转接面板上的航空插座转接。也可根据需要在面板上安装放置滤波器或者防雷模块的屏蔽箱体。转接面板与壁盒箱体用 M5 螺钉连接,螺钉间距不大于 30 mm,连接面处安装粘贴电磁屏蔽衬垫。

壁盒箱体折弯连续焊接而成,并进行表面导电涂覆处理,保证了盒体的电连续性和密封防水性能。箱体根据线缆型号尺寸及数量分隔成盘线空间及走线空间。盘线空间主要用于转接面板维修拉出后拉出线缆的

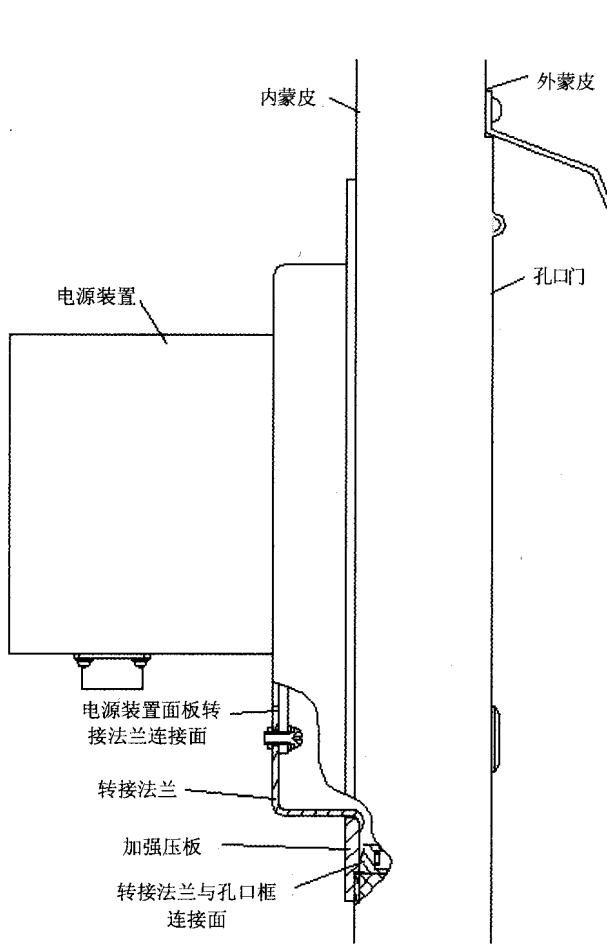


图 1 电源转接壁盒组成及安装结构示意图

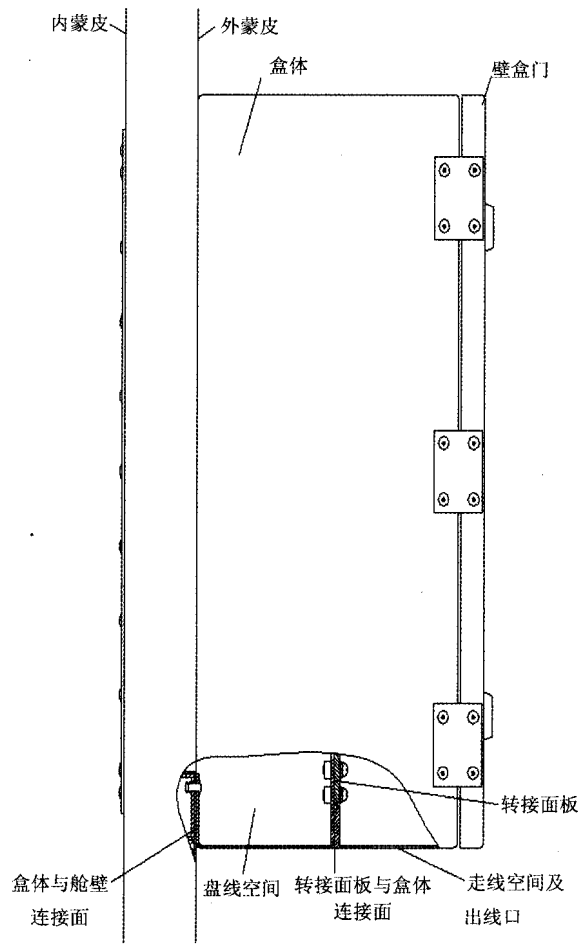


图 2 信号转接壁盒组成及安装结构示意图

存放固定,走线空间和出线口主要用于转接后舱外线缆的转出。

信号转接壁盒通过  $\phi 5$  抽芯铆钉与舱壁连接,铆钉间距不大于 30 mm,箱体与舱壁的连接面处粘贴电磁屏蔽衬垫。

该设计通过转接面板、箱体及舱壁之间导电连接,减小舱壁孔口对外蒙皮电连续的影响,同时通过连接面长度及螺钉铆钉间距等措施增加缝隙深度,减小缝隙长度。结构安装简单并可通过拆卸螺钉取出转接面板来实现对信号转接壁盒滤波器等关键件的维修更换。

### 2.5 滤波器安装结构设计

为抑制通过电源或信号线缆传导进入干扰信号,需采用电源线滤波器和信号线滤波器进行滤波。滤波器与方舱的安装连接对于确保方舱的高频屏蔽特性具有极为重要的作用,文献[14]中给出了滤波器的穿墙式安装方式,这种安装方式简单可靠,但是滤波器进入舱内的线缆转接处会成为电磁兼容薄弱处,且维修不方便,尤其在舱内设备对进入舱内线缆遮挡的情况下。

针对滤波器穿墙式安装方式的不足,转接壁盒内的滤波器采取了如图 3 所示的安装方式。滤波器连同屏蔽盒一同安装在转接面板上,滤波器的输入输出线缆通过航空插座转接,这样既隔离了干扰信号对滤波器的输入输出线缆的干扰,又可以和转接面板一起取出实现对滤波器的维修更换。

其它电气模块也可以采用滤波器安装类似的结构。

## 3 电源/信号孔口及转接壁盒加工安装注意事项

电源/信号孔口及转接壁盒的安装应注意以下问题。

1) 孔口框、转接壁盒箱体、转接面板等结构件尺寸及形位误差应符合设计要求,其表面导电涂覆处理应连续、均匀,无划痕.

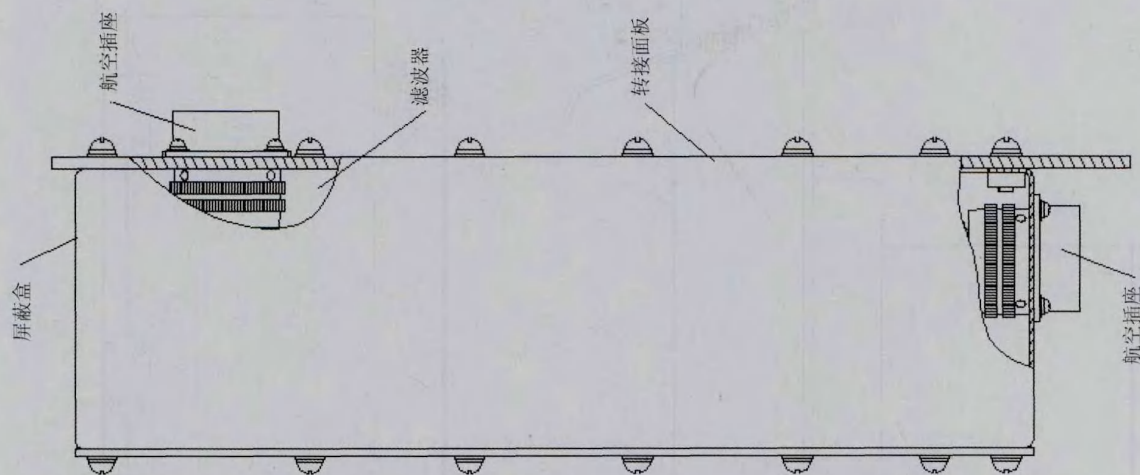


图3 滤波器安装结构示意图

2) 安装孔口框时,应调整孔口框与舱壁孔口左、右、上、下间隙均匀,清除孔口框与舱壁外蒙板间接触处的油污、氧化膜后涂敷导电保护液,在孔口框外沿四周涂聚氨酯密封胶后与舱体铆装,铆钉间距不大于30 mm.

3) 电源转接壁盒的转接法兰与舱壁、电源装置面板与转接法兰、信号转接壁盒箱体与舱壁、信号转接壁盒箱体与转接面板间均应有良好的电连续性能,安装前应进行去除油污、氧化膜并涂敷导电保护液处理,电磁屏蔽衬垫安装宽度不能超出铆钉或螺钉孔.

4) 滤波器与壁盒内转接面板安装前,应去除其接触表面处的油漆、油污、氧化膜,滤波器两端的输入、输出线均采用屏蔽线并确保可靠接地.

#### 4 屏蔽效能测试

屏蔽效能测试是对电磁屏蔽方舱各个泄漏因素在研制、生产以及使用等全寿命周期进行泄漏抑制质量的控制与监测的一个重要手段与方法<sup>[15]</sup>,因此在对电源/信号孔口及转接壁盒结构及安装确认无误后,应对方舱屏蔽效能进行测试.屏蔽效能测试标准是针对屏蔽空舱提出的,对测试频段、相对应的测试天线及测试距离均进行了严格的规定.如图4所示,测试采用信号源、功率放大器、发射天线放置在方舱外,接收天线和接收设备放置于方舱内与孔口位置对应处.

按照参考文献<sup>[16]</sup>测试方法及屏蔽效能计算方法测得数据如表1所示.

所测方舱在电源/信号孔口及转接壁盒对应位置屏蔽效能均大于60 dB,满足要求<sup>[6]</sup>.该屏蔽方舱安装设备后随整车系统进行了系统电磁兼容试验,并顺利通过试验.

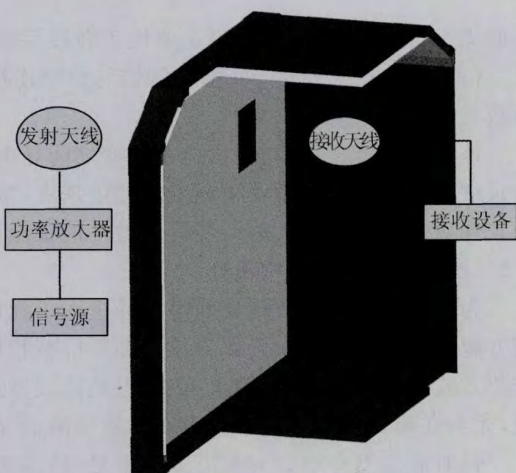


图4 屏蔽效能测试设备布置示意图

## 5 结束语

针对电源/信号孔口及转接壁盒的功能作用以及对屏蔽方舱屏蔽性能的影响,总结了电源/信号孔口及转接壁盒的设计原则,阐述了电源/信号孔口、电源转接壁盒、信号转接壁盒的结构设计,在原有滤波器穿墙式安装方式基础上设计了更优的安装结构形式,最后提出了电源/信号孔口及转接壁盒安装时的注意事项。电源/信号孔口及转接壁盒的设计通过了方舱屏蔽效能测试和系统电磁兼容试验,并应用到多种屏蔽方舱上,设计满足方舱和系统屏蔽性能的要求。

表1 屏蔽效能测试数据

频率	屏蔽前/ (dB· $\mu$ V)	屏蔽后/ (dB· $\mu$ V)	屏蔽效能/ dB
14 kHz	88.74	28.64	60.10
150 kHz	93.15	32.48	60.67
14 MHz	105.21	44.98	60.23
80 MHz	117.71	39.96	77.75
300 MHz	122.83	42.40	80.43
450 MHz	126.38	44.06	82.32
930 MHz	130.43	48.26	82.17
3 GHz	143.78	65.44	78.34
10 GHz	149.24	78.79	70.45
18 GHz	168.45	101.41	68.04

## 参 考 文 献

- [1] 朱静,尹妍.电磁兼容设计在机动式指控系统方舱中的应用[J].电子机械工程,2010,26(2):5-8.
- [2] 汪兴安,李新建.军用方舱电磁屏蔽设计浅谈[J].方舱与地面设备,2011(4):20-22.
- [3] 梁小光.方舱电磁屏蔽结构设计[J].无线电工程,2004,34(5):60-61.
- [4] 陈淑伶.电磁方舱的发展概况及结构[J].系统工程与电子技术,1992(7):73-80.
- [5] 王学科,邱扬.某电磁屏蔽方舱的优化设计[J].火控雷达技术,2006,35(3):49-52.
- [6] GJB6109-2007 军用方舱通用规范[S].2007.
- [7] 刘传贵,张同号.方舱电磁屏蔽问题分析及改进措施[J].指挥信息系统与技术,2010,1(2):78-80.
- [8] 段玉康.方舱电磁屏蔽技术研究[D].成都:电子科技大学,2009.
- [9] 邱成悌,赵焯爻,蒋全兴.电子设备结构设计原理(修订本)[M].南京:东南大学出版社,2005.
- [10] 姜勇.方舱舱体的电磁屏蔽设计[J].安全与电磁兼容,2003(2):42-45.
- [11] 韩炳森.通信车辆电磁兼容问题分析[J].专用汽车,2008(2):46-48.
- [12] 任新霞.通用大板式方舱结构与性能分析[D].长沙:国防科学技术大学,2008.
- [13] 杨波,甘永利,常玉斌.电子设备孔缝的电磁屏蔽设计[J].光电对抗与无源干扰,2009(4):23-29.
- [14] 白艳玲.电磁屏蔽方舱设计要素[J].新技术新工艺·热加工工艺技术与材料研究,2011(8):116-118.
- [15] 洪济晔.电磁屏蔽效能的测量[J].自动化仪表,2009,30(9):24-26.
- [16] GJB6785-2009 军用电子设备方舱屏蔽效能测试方法[S].2009.

## Power/Signal Orifices and Wall Box for Adapting Used in Shielding Shelter

YANG Xin, WANG Zhuoxian, LIANG Hanxin

(China Research Institute of Radiowave Propagation, Qingdao 266107, China)

**Abstract:** Because of increase of the shielding performance of shelter, the design and installation of the power/signal orifices and wall box for adapting has become the key of design and process of the shielding shelter. This paper summarizes the function and influence to the shielding performance of shelter of the power/signal orifices and wall box for adapting, and states the design discipline, the structure design method that is used to eliminate clearance and electric connectivity to ensure the shielding performance of the shelter can meet the requirements. The design has passed the test of the shielding effectiveness of the shelter and the experiment of the system electromagnetic compatibility. The results prove that the design can meet the requirement of the shielding performance of the shielding shelter and the system.

**Keywords:** wall box for adapting; shielding shelter; shielding effectiveness; leakage through apertures and slots