

浅析高速动车组电磁屏蔽技术

郝珈尉
(中车长春轨道客车股份有限公司 吉林 长春 130000)

摘要: 随着我国动车科技高速发展, 动车组电磁屏蔽抗干扰技术发展日益完善。针对不同的系统和场地, 应采取不同的屏蔽系统, 尤其针对于屏蔽布线系统起主要作用的金属屏蔽层, 可利用其特殊的物理特性来有效阻止电磁干扰及电磁辐射, 并在系统中采用双绞线平衡原理, 形成良好的电磁兼容特性。

关键词: 高速动车组; 电磁屏蔽; 抗干扰; 电磁兼容

1 电磁屏蔽的技术原理概述

电磁屏蔽是电磁兼容技术的主要措施之一, 为了阻断电磁干扰源因此采用金属屏蔽材料进行信号的封闭, 或者利用金属屏蔽材料将整个电路封闭, 达到外部磁场要低于规定值的一种技术, 其具体有以下 4 种形式, 如图 1 所示:

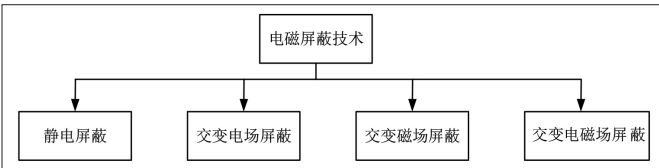


图 1 电磁屏蔽技术

1.1 静电屏蔽

采用整形的金属屏蔽材料将带正电导体进行包裹, 并且在屏蔽体的内外两侧均会出现与带电导体对应的等量的正负电荷, 如果将金属屏蔽材料接地, 则会导致外侧的正电荷流入大地, 外侧将不会有电场存在, 达到静电屏蔽的效果。

1.2 交变电场屏蔽

通过在敏感电路和干扰源之间设定金属屏蔽体, 并将该金属屏蔽体接地处理, 形成的交变电场对于电路的耦合干扰电压大小取决于交变电场电压、耦合电容和金属屏蔽体接地电阻之积。因此, 保证金属屏蔽体的结果强度大, 在接地良好状态下, 通过电场屏蔽的反射会达到屏蔽的效果。

1.3 交变磁场屏蔽

交变磁场屏蔽有高频和低频之分。对于高频磁场来讲, 主要利用高电导率的材料产生的涡流反向磁场来抵消干扰磁场来实现。针对于低频磁场来讲, 利用磁导率较高并且厚度大的屏蔽体, 则磁阻比较小, 屏蔽效果很好。

1.4 交变电磁场屏蔽

一般采用电导率高的材料作屏蔽体, 并将屏蔽体接地。因为在高频磁场的作用下, 屏蔽体会产生反方向的涡流磁场, 从而可以抵消原磁场, 加上接地起到了电场屏蔽的效果。并且, 该金属屏蔽的结构强度为主要因素, 不需要太厚。

2 动车组所处的环境和屏蔽层的作用及处理方式

作为一个整体系统, 高速动车组在运行过程中会遇到复杂的电磁环境, 因此动车组会作为被干扰的对象同时也是主要的干扰源, 因此有效处理这些干扰对于动车运行的安全可靠起到了重要的作用。

2.1 环境对高速动车组的干扰

环境对于动车组起到了主要的影响作用, 主要有外部环境和动车组系统内部环境之间的互相干扰。

(1) 外部环境对于高速动车组干扰主要影响动车中的通讯信号、操作系统等, 涵盖的类型有:

- ①在动车中使用的电子产品是最容易影响动车的潜在干扰源。
- ②高压接触网的干扰。由于在动车行进过程中会产生电火花, 在电火花放电的过程中也会产生极强的干扰。
- ③自然环境的干扰。例如, 雷雨天气、沙尘暴等极端天气。

④牵引电路电流与轨道电路电流在钢轨上产生电感性耦合的干扰。

(2) 动车内部的互相干扰源主要涵盖以下几种:

- ①不同的信号线与电源以及传输的导线之间的互相干扰影响, 以及不同线束之间的互相影响。
- ②工作电源通过线路的分布电容和绝缘电阻产生漏电造成的干扰。
- ③在动车运行过程中, 系统中一些设备存在的发热和漏电问题, 导致的元器件本身性质的不稳定, 从而引发动车组的干扰。
- ④在系统中大功率和高压电设备会产生强磁场, 从而通过磁场和电场的作用, 影响其他设备的正常工作。
- ⑤变流器的晶闸管通过的电流很大, 但是开关的时间比较短, 因此在瞬间的开关会导致电流发生变化。

2.2 屏蔽层的作用

屏蔽层在抗干扰中起到了至关重要的作用, 主要是将电磁场中的干扰源同动车组的敏感设备有效隔离, 切断了干扰源传播的途径。屏蔽技术主要分为被动屏蔽和主动屏蔽。其中, 被动屏蔽主要目的是保护一些敏感设备不受干扰源的干扰, 是保护敏感设备的手段。主动屏蔽主要是防止各种噪声源向外辐射, 是对噪声源的屏蔽。

动车组中用到的屏蔽电缆等主要由铜、铝等非磁性材料制成, 并且这些材料的厚度比较薄, 远小于使用频率上金属材料的集肤深度, 并且这些干扰源的信号的处理不是通过自身的材料特性吸收, 而是通过接地直接影响屏蔽效果。因此, 针对于这些屏蔽材料来讲, 存在不同方式的接地方式。

3 电磁屏蔽技术在动车组电气系统中的设计

3.1 整体布局设计

由于高速动车内部集成了多种大功率高频率设备，这些设备在随着动车运行过程中会成为干扰源设备，严重影响动车组的一些敏感设备，因此在动车的设备整体布局中要考虑到避免这类严重干扰，尽量不要让敏感设备与干扰源设备距离太近，这样对于屏蔽技术难度也有所降低。高速动车运行过程中，主变流器作为高功率设备是一个主要的干扰源，因此对于敏感设备的布局应该远离主变流器，并且对于连接众多线缆的设备，应当严格按照安装顺序和线缆的相关屏蔽技术进行安装，以最大限度减小电缆长度。

3.2 电缆设计

高速动车组中需要用到的电缆数目众多。电缆是联通各类设备之间的重要桥梁，是整体系统中电源和控制必不可少的材料，也是电器设备重要的材料，因此需要对电缆进行屏蔽技术的设计，以大幅度减少电缆之间的互相影响，以及电缆设备产生的信号源之间的互相影响。

首先针对于普通屏蔽电缆，这类电缆主要适用在通过脉冲电流和电压的电缆，主要包括的有主变流器至辅助变流器的高压电缆、主变流器至制动电阻的高压电缆和变流器至牵引电动机高压高频电缆，使用正确的线缆可以有效减少干扰源的互相影响。

其次，针对于屏蔽绞线这类性质特殊的材料，因为具备质地柔软易于布线、抗干扰能力强并且线径相对较细等特点，成为信号传输线材的首要选择。尤其对于低电平的模拟信号，例如热电阻信号、热电偶信号等。同时，对于低电平的开关信号来讲，由于经常传输一些数据信号，因此对低频脉冲信号的抗干扰能力比模拟量信号要强，但最好采用屏蔽绞线连接。

3.3 屏蔽设计

(1) 屏蔽接线盒设计：对于强干扰电缆和高敏感的电缆的连接采用在屏蔽接线盒内接线，同时对于接线盒的材料应该选择高磁导率的铁磁性材料，这样可以阻止干扰源泄露而干扰敏感设备，对于接线盒的结构设计采用密封的结构，减少各个部分之间的缝隙，尽可能增加固定件的数量，来保证接线盒的缝隙变小。

(2) 电缆接头设计：由于在电缆线束的接头处不可能进行完全密封的设计，因此在接头处留出的线束孔和开口，处理不当会导致严重的电磁泄露，进而影响动车组上的敏感设备，因此在接头处应该选择合适的接头材料，从而保证端接处的电磁密封。

3.4 接地设计

屏蔽电缆的屏蔽层很薄，但是起到屏蔽作用不在屏蔽金属本身，而在于该金属屏蔽的不同接地方式上，不同的接地形式有不同的屏蔽效果。

(1) 接地方式的选择

①单点接地：这是最为常见的接地方式，该方式可以消除公共阻抗耦合和低频地环路。针对于频率 1 MHz 以下

的低频电路，单点接地方式起到了很好的效果。

②双点接地：而针对于频率高于 1 MHz 的高频电路，这需要采用两端接地，这种方式对于电场还是磁场都可以起到屏蔽作用，并且如果传输的信号是数字信号，则更需要采用两端接地。

③耦合接地：混合接地就是屏蔽层一端直接接地，另一端通过一个小电容接地。这种接地方式相对比较灵活，对于未知频率的设备，可以采用并且适用于频率范围宽的电

路。

(2) 接地方法：在屏蔽层进行接地的时候，采取最适用的接地方法是带电缆屏蔽接地架的端子排或连接器，这样的电缆屏蔽层可能最大限度地接近连接器或端子排，从而减少电缆之间的互相影响。

3.5 布线设计

3.5.1 电线电缆的布局设计

①对于模拟量信号来说，由于其对于脉冲信号的抗干扰能力很差，因此这类电缆线束必须单独安置在金属管套中，不能同其他线束进行混淆，尽量减少之间的互相影响。

②针对于低电平的开关信号，数据通信线路等，对低频的脉冲信号的抗干扰能力比模拟量信号强，但是该类型的电缆仍然需要单独进行布置，并且应该避免同动力线和一些大负载的信号线在一起布置。

③高电平的开关量的输入输出、电话线以及其他继电器输入输出信号，对于这类信号的抗干扰能力是比以上二种的能力强的，但这些信号会干扰别的信号，导致不同信号之间的互相干扰，因此这类型的电缆线束也应该单独布局在金属电缆槽中。

④输入输出导线放置在一起，因为导线流过的电流大小相等方向相反，单个导线产生的磁场大部分互相补偿，通常按下列方式放置：2 根正负线紧贴放置在一起；二相导线安排成二角方式放置；4 根电缆，2 根具有同相电流，电缆应被放置成正方形，中心对称结构。例如：CRH380 型动车组的干线一般布置在地板型材腔内，便于布线，节省空间，图 2 为部分电缆的布置图。

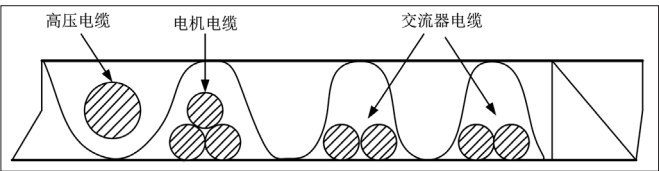


图 2 部分型材布线

3.5.2 电线槽的设计：在高速动车组上由于涉及到的电线电缆众多，因此在布线的方式上经常采用电线槽布线。在电线槽进行布局设计的时候应该充分利用空间进行设计，注意型号的隔离和分区，采用不同类型的金属板可以起到一定的隔绝作用，同时在处理线槽隔板和不同盖板之间的缝隙时，应当减小缝隙，充分利用设计从而保证线槽隔板与线槽盖密封，有效减少干扰源信号的互相影响。

4 结语

高速动车组的电磁屏蔽技术涉及到了很多的方面，例如屏蔽的材料、接地的方式、电缆等线束的排线规则等，同时于不同系统中的设备之间的互相影响，也是屏蔽技术的一大处理重点。动车组在高速运行期间，由于外部的磁场一直在不断变化，因此做好屏蔽技术是保障高速动车安全可靠运行的前提条件。

参考文献：

[1] 周佳龙. 动车组用高压电缆的金属屏蔽研究 [D]. 江苏大学, 2019.

[2] 卢怡. 高速动车组车厢屏蔽效能研究 [D]. 北京：北京交通大学, 2010.

[3] 黄雪梅, 雷剑梅, 赖志达. 电动车的电磁屏蔽仿真验证 [J]. 安全与电磁兼容, 2013(05):71-73.

[4] 郭强, 张宁. 动车组线槽电磁屏蔽效能仿真分析 [J]. 城市轨道交通研究, 2020,23(09):89-92+97.

作者简介：郝珈尉（1993-），男，满族，吉林吉林人，本科，研究方向：车电工艺。

（上接第 112 页）

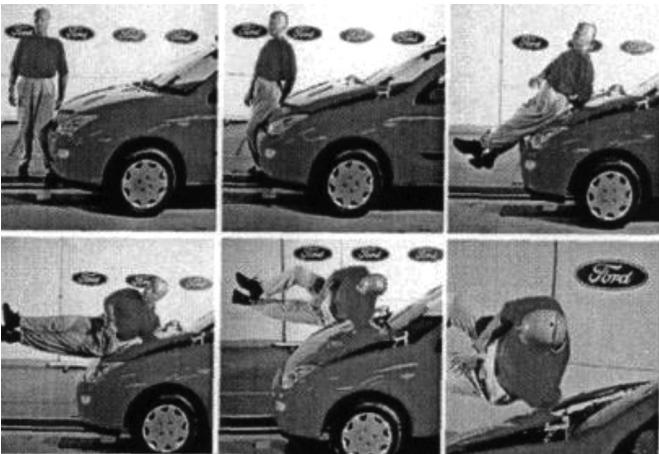


图 3 福特捷豹吸能发动机罩技术示意图
窗安全气囊，如图 4 所示。

（7）保险杠离地高度、保险杠上下宽度、保险杠相对于引擎盖伸出的长度和保险杠的刚度这四个因素是对行人下肢损伤影响最大，采取适当的设计方法和算法，结合车辆本身的设计，得出一组最优的参数组成。

（8）腿型冲击保险杠过程中，腿型会出现不同程度的弯曲，结合弯曲程度，对保险杠的上部和下部采取不同强度的设计，增加支撑或者防撞横梁泡沫等措施可以有效改变局部强度。

2 结语

行人作为道路使用者中的弱势群体，其出行安全理应



图 4 本田 PUYO 外置安全气囊

受到足够的重视，行人保护法规和规程的发布是重要举措。车辆制造企业在设计行人保护性能时，可结合车身结构、仿真模拟演算和摸底测试结果，采取上述有效的优化措施，做到车内乘员保护和车外行人保护的有效统一。

参考文献：

[1] 李玉华. 车辆与行人碰撞中行人下肢损伤防护技术研究 [D]. 湖南大学, 2011.

作者简介：卢焱（1985.11-），男，汉族，重庆万州人，硕士研究生，工程师，研究方向：汽车安全。